

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



T E S I S

**Instalación de la geomembrana para la mitigación de
contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental
Excelsior, del distrito de Simón Bolívar- Provincia Pasco 2019**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor: Bach. Alexis Dante MINAYA MORALES

Asesor: Mg. Anderson MARCELO MANRIQUE

Cerro de Pasco - Perú - 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



T E S I S

**Instalación de la geomembrana para la mitigación de
contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental
Excelsior, del distrito de Simón Bolívar- Provincia Pasco 2019**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Mg. Eleuterio Andrés ZAVALITA SANCHEZ
MIEMBRO

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
MIEMBRO

DEDICATORIA.

A mis padres y familiares, que me apoyaron incondicionalmente en el desarrollo de la presente investigación.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a los centros de investigación del estado, Universidades y organizaciones dedicadas al cálculo de la determinación de la energía externa para evitar daños en las tuberías de sistemas de conducción para riegos, que ayudaron a fundamentar de manera científica la presente investigación.

A mi asesor, por encaminar la investigación al nivel analítico a siendo uso de la estadística inferencial, a mis jurados por su interés de mejorar el proyecto y aportar con sus conocimientos al desarrollo de la presente investigación.

RESUMEN

La presente investigación contempla la línea de investigación en Biodiversidad y Cuidado del Medio Ambiente, cuyo objetivo es evaluar la durabilidad de la geomembrana HDPE del proyecto abandono del depó-sito de desmontes Excelsior, con los datos provenientes del tiempo de inducción oxidativa reportadas por el Laboratorio CESEL S.A., también se hizo uso de las especificaciones técnicas de la geomembrana HDPE y de la literatura científica, realizando los cálculos para determinar el tiempo estimado de durabilidad de 266,6 años con una confiabilidad 83,5%, con la ecuación Arrhenius y la distribución estadística t student, concluyendo que la exposición de la geomembrana a temperaturas bajas y elevada radiación solar, la vida útil disminuiría notablemente.

Palabras claves: Geomembrana, HDPE, desmontera, suelos contaminados, OIT.

ABSTRACT

This research contemplates the line of research in Biodiversity and Environmental Care, whose objective is to evaluate the durability of the HDPE geomembrane of the Excelsior waste disposal deposit project, with the data from the oxidative induction time reported by the Laboratory CESEL SA also made use of the technical specifications of the HDPE geomembrane and the scientific literature, performing the calculations to determine the estimated durability time of 266.6 years with 83.5% reliability, with the Arrhenius equation and the t student statistical distribution, concluding that the exposure of the geomembrane to low temperatures and high solar radiation, the useful life would decrease significantly.

Keyword: Geomembrane, HDPE, clearing, contaminated soils, OIT.

INTRODUCCIÓN

El impacto que alcanza la presente investigación, se encuentra en la comprobación científica y técnica de las propiedades físicas químicas de la geomembrana en las condiciones ambientales, morfológicas de suelo de la Ciudad de Cerro de Pasco, en proyectos de remediación ambiental como mecanismo de aislamiento y impermeabilización de suelos.

La composición mineralógica de los suelos de la desmontera registra contenidos aproximados de 0.15 % cobre; 0.65 % plomo; 2.42 % zinc; 23.4 % de Fe y de 25 a 67 g de Ag/ton ver la Tabla 1.

Tabla 1. Composición mineralógica del suelo

Minerales	Fórmula	EXDM-1 % en Peso	EXDM-2 % en Peso	EXDM-3 % en Peso	EXDM-4 % en Peso
Cuarzo	SiO ₂	45,86	45,19	34,05	25,36
Calcita	CaCO ₃	7,20	2,12	0,12	12,46
Ortoclasa	K(AlSi ₃ O ₈)	1,90	0,60	1,60	1,30
Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)	1,70	0,40	1,80	1,70
Anortita	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	1,30	0,20	1,30	1,80
Pirita	FeS ₂	12,338	2,345	28,745	27,487
Pirrotita	Fex-1S	3,100	0,900	6,100	5,300
Calcopirita	CuFeS ₂	0,020	0,026	0,707	0,078
Esfalerita	(Zn,Fe)S	0,523	2,467	0,405	1,616
Galena	PbS	0,319	0,635	0,060	0,497
Hematita	Fe ₂ O ₃	16,96	32,68	19,41	10,28
Montmorillonit a	Na _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ xH ₂ O	2,90	6,80	3,18	3,40
Pirolusita	MnO ₂	4,38	2,98	0,32	2,52
Goetita	FeO(OH)	0,30	1,70	2,10	1,90
Siderita	FeCO ₃	1,20	0,96	0,10	4,30

Fuente: Cesel S.A

Producto de las filtraciones desde las áreas aledañas, ingresan aguas subterráneas, las mismas que afloran a superficie al pie del depósito de desmontes Excelsior y son embalsadas en el extremo inferior del depósito de relaves Quiulacocha, constituyendo un caudal permanente, de alrededor de 300 GPM, de aguas ácidas (pH de 2,8) y elevados contenidos de metales pesados en solución, principalmente Hierro (4 800 mg/l) y Zinc (625 mg/l).

Para solucionar este problema se procede con el aislamiento del suelo contaminado con geomembranas HDPE que son compuestos de Hidrocarburos clorados y Hidrocarburos aromáticos, compuestos químicos estables al contacto con el agua, ácidos y sustancias de pH básico ver Figura 1.

Figura 1. Vista suroeste del Depósito de Desmontes Excélsior



En los suelos, la migración de los contaminantes depende de la sustancia química (Sangam & Rowe, 2001) y para calcular las tensiones y deformaciones locales de la geomembrana de HDPE, el modelo visco plástico es el apropiado (Eldesouky & Brachman, 2020), para una simulación numérica de la formación de arrugas se requiere el modelo de elementos finitos y un módulo de Young dependiente de la temperatura (Yang et al., 2017), sin embargo el mayor contribuyente de gases de efecto invernadero es la geomembrana HDPE con la gasolina (Cahyani et al., 2019).

Para reducir las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles en el agua subterránea se introduce un flujo de aire a través de una zona permeable a la capa de la geomembrana (Pienaar & Fourie, 2017) y para la detección de fugas esta se realiza mediante la conductividad (Liu et al., 2017).

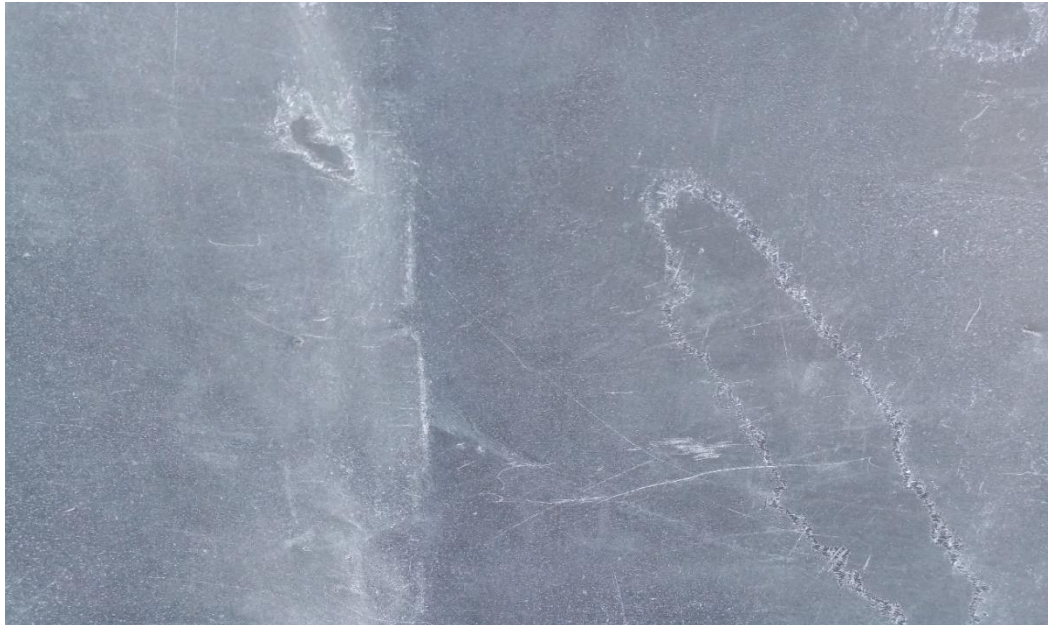
Estudios para mitigar la contaminación de suelos, utilizando una geomembrana de polietileno de alta densidad gruesa y de alta calidad que se instala libre de ondas y arrugas residuales (Müller & Wöhlecke, 2019) en aplicaciones mineras su agotamiento de Std-OIT en una solución de pH de 0.5, varía en 100 años a 20 °C (Fady B Abdelaal et al., 2011) y en los efectos del drenaje ácido de la mina, sobre las propiedades del polímero a granel su degradación es de primer orden (exponencial en el tiempo). presentando mayores tasas de agotamiento a temperaturas más altas y en las soluciones químicas (Gulec et al., 2004). Además, se han examinado los efectos del envejecimiento a una solución ácida H₂SO₄ a 60 °C en cuya exposición a largo plazo tiene un efecto nocivo sobre las propiedades mecánicas y conduce a transformaciones químicas como la rotura inmediata después del envejecimiento (Sara et al., 2015).

Como vacío científico tenemos el efecto del color blanco y negro de las geomembranas de HDPE, las mismas que forman arrugas.(Bansal & Singh, 2019) considerando la superficie blanca como la más extruida (Rentz et al., 2017) ver Figura 2.

En investigaciones experimentales como la cizalladura de interfaz cíclica entre geomembrana de HDPE y grava arenosa sin cohesión, influye el desplazamiento de corte, número de ciclos, velocidad de corte y la presión normal (Cen et al., 2019). Los estudios del comportamiento de esta interfaz disminuye con un número creciente de ciclos de congelación y descongelación (Li et al., 2020), característico del clima de la zona de estudio, también estudios de la textura en la longevidad muestra no tener efecto significativo a la resistencia al agrietamiento por estrés (Morsy & Rowe, 2020) además la meteorización y la biodegradación relacionadas con los rayos UV y la humedad en ambientes tropicales al aire libre influyen en el rendimiento de la geomembrana [16,(Saha et al., 2012), más en aplicaciones descubiertas (Lodi et al., 1984), un estudio de la exposición de una geomembrana durante 14 años a altas temperaturas experimentan una degradación en comparación con las muestras que están cubiertas por lixiviados o tierra (R. Kerry Rowe et al., 2003), también la degradación es rápido a la exposición hidráulica (Sun et al., 2019), ya que el aumento de la humedad incrementa

la deformación de la geomembrana, dependiendo de la plasticidad y el contenido de limo del suelo utilizado (Marcotte & Fleming, 2019)

Figura 2. Textura de la geomembrana por la exposición prolongada a la meteorología de la Ciudad de Cerro de Pasco



La degradación de una geomembrana de HDPE sin estabilizadores de luz de amina en agua clorada muestra la disminución de la resistencia al agrietamiento por estrés (SCR) (F. B. Abdelaal & Rowe, 2019) y las oxidaciones térmicas catalizadas con estearato metálico el mismo que indica que la descomposición de hidroperóxidos que contaminan el polímero durante la oxidación (Osawa & Ishizuka, 1973).

La resistencia al corte de la interfaz entre el suelo y los geosintéticos depende de las propiedades mecánicas y físicas y la tensión normal (Punetha et al., 2017), sin embargo no siempre es mayor que la geomembrana hidratado (Lin & Zhang, 2017) mientras que el bajo valor del coeficiente de permeación la convierte en una barrera difusiva efectiva (Saheli et al., 2017).

El propósito del proyecto se enmarca en los sistemas de revestimiento con geomembrana para desempeñan un papel importante en la contención de los residuos y sus subproductos en los vertederos (Kumar & Reddy, 2019) o depósitos de desmontes mineros, mientras el objetivo del estudio se enmarca evaluación de la durabilidad

mecánica de una geomembrana de HDPE mediante mediciones del tiempo de inducción oxidativa (OIT) y la resistencia al agrietamiento por tensión a 200 °C (Peggs et al., 2002).

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.3. Formulación del problema	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.	7
2.2. Bases teóricas – científicas.....	11
2.3. Definición de términos básicos.	18
2.4. Formulación de Hipótesis	19
2.4.1. Hipótesis General	19
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	20
2.5. Identificación de Variables	20
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	20

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	22
3.2.	Nivel de investigación	22
3.3.	Métodos de investigación	22
3.4.	Diseño de investigación	23
3.5.	Población y muestra	23
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación. .	28
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	29
3.9.	Tratamiento Estadístico.	30
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	35

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	36
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	36
4.3.	Prueba de Hipótesis	38
4.4.	Discusión de resultados.....	38

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

Instrumento de Recolección de Datos

Procedimiento de validación y confiabilidad

Fotografías Investigación realizada

Matriz De Consistencia

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición mineralógica del suelo	v
Tabla 2. Especificaciones de la resina HDPE	12
Tabla 3. Especificaciones de la geomembrana doblemente texturizada 1.5 mm de HDPE, GRI GM13.....	12
Tabla 4. Especificaciones de la geomembrana 1.5 mm de HDPE, GRI GM13.....	13
Tabla 5. Especificaciones de la geomembrana 1.0 mm de HDPE.....	14
Tabla 6. Especificaciones para los elementos extruidos o cordones.....	17
Tabla 7. Operacionalización de variables de investigación	20
Tabla 8. Mineralogía de la desmontera	27
Tabla 9. Datos de la muestra	28
Tabla 10. Datos de la muestra	33
Tabla 11. Datos extraídos de las pruebas de laboratorio CESEL S.A	36
Tabla 12. Pruebas de normalidad	37
Tabla 13. Descripción estadística	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista suroeste del Depósito de Desmontes Excélsior.....	vi
Figura 2. Textura de la geomembrana por la exposición prolongada a la meteorología de la Ciudad de Cerro de Pasco	viii
Figura 3. Ubicación en coordenadas UTM 361040 Este 8818173 Sur	3
Figura 4. Datos del comportamiento de la geomembrana a distintas temperaturas ...	24
Figura 5. Conjunto de datos de la muestra.....	25
Figura 6. Características de la geomembrana.....	25
Figura 7. Análisis de campo de los sulfatos	27
Figura 8. Técnica para el procesamiento y análisis de datos	30
Figura 9. Normalidad de la muestra	32
Figura 10. Especificación técnica de la geomembrana HDPE.....	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Índice de ajuste de 0,96 entre la temperatura y la tasa de agotamiento oxidativa	37
---	----

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La composición mineralógica de las muestras tomadas en la desmontera Excélsior está determinado por observaciones microscópicas y análisis espectral de las muestras y estas se dividen en cuatro muestras.

En la Muestra uno, corresponde a fragmentos de rocas pizarras fuertemente silicificada con diseminación de sulfuros principalmente como pirita y pirrotita con venillas de cuarzo, carbonatos, óxidos de hierro y arcillas.

En la Muestra dos, corresponde a fragmentos de rocas de pizarra fuertemente oxidadas con diseminación de sulfuros en proceso de oxidación, cuarzo, óxidos de hierro, carbonatos y arcillas

En la Muestra tres, corresponde a fragmentos de rocas pizarras fuertemente silicificadas con óxidos de hierro, diseminación y fragmentos de sulfuros, carbonatos y arcillas.

En la Muestra cuatro, corresponde a fragmentos de rocas pizarras de color gris con textura pórfido afanítico con presencia de sulfuros en vetillas y diseminado en el macizo rocoso con óxidos de hierro, carbonatos y arcillas.

Como resultado de los análisis de las muestras los valores de hierro se distribuyen formando sulfuros, carbonatos y óxidos; en el caso del manganeso corresponden a ocurrencias de pirolusita, los valores de cobre, plomo, zinc, cadmio y arsénico están ligados fundamentalmente a los escasos minerales sulfurados (CESEL, Ingeniería de detalle para el abandono del depósito de desmonte Excélsior, 2016).

La forma de mitigar la contaminación de suelos es empleando la geomembrana, pero la degradación UV (fotodegradación) es inducida por la irradiación con UV o luz visible. Las consecuencias de la exposición a largo plazo incluyen decoloración, grietas en la superficie, fragilidad y deterioro.

Los polímeros son los hidrocarburos alifáticos. Después del envejecimiento, el cambio y la aparición de nuevos picos significan una oxidación de grupos de hidrocarburos (CC, CH) debido al ataque de los ácidos, efecto de la temperatura y el tiempo de envejecimiento.

La luz solar y a altas temperaturas experimentan más degradación en comparación con las muestras que estaban cubiertas por lixiviado o suelo. Las pruebas de sorción y difusión revelaron que los coeficientes de permeabilidad de los compuestos orgánicos volátiles

1.2. Delimitación de la investigación.

Contexto: Contaminación del suelo a causa de las reacciones fisicoquímicas de los productos de la explotación minera cuyo mayor grado se da por los sulfatos, en qué sentido la investigación se orienta a la instalación de la geomembrana como propósito de mitigar la contaminación.

Espacio: Los trabajos realizados se ubican en Cerro de Pasco a una altura de 4330 msnm en el distrito de Simón Bolívar, Provincia de Pasco, Departamento de Pasco.

Figura 3. Ubicación en coordenadas UTM 361040 Este 8818173 Sur



Tiempo: De acuerdo con el cronograma el estudio se realizó en 2 meses, considerando que la recolección de datos y procesamiento demoró un mes

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general:

¿De qué manera la instalación de la geomembrana mitiga la contaminación en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019?

1.3.2. Problemas específicos:

¿De qué manera resistir a los sulfatos para mitigar de sus efectos contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019?

¿De qué manera aislar la variación de la temperatura para mitigar su efecto como contaminante en el suelo de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Determinar la mitigación de la contaminación en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior con la instalación de la geomembrana, Cerro de Pasco 2019.

1.4.2. Objetivos específicos.

Obtener la resistencia a los sulfatos para mitigar de sus efectos contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019.

Aislar de la variación de la temperatura para mitigar su efecto como contaminante en el suelo de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019.

1.5. Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica por la forma de cálculo y análisis de datos topográficos y de resistencia de la geomembrana, considerando la composición del suelo del proyecto Plan de cierre de los depósitos de Excelsior.

En los proyectos de construcción civil, remediación ambiental y otros se requiere de una tecnología que suministre el agua de manera permanente para lo cual se realizan cálculos teóricos de carga, sin considerar las energías externas demostrada en la presente de allí radica su importancia.

El drenaje ácido de roca (DAR) constituye la responsabilidad ambiental y económica más significativa que actualmente afronta la industria minera. El fenómeno del DAR es un proceso natural que resulta de la oxidación de los minerales sulfurados y la consecuente lixiviación de los metales asociados, cuando son expuestos simultáneamente al aire y al agua.

A través del tiempo, la química del Drenaje Ácido de Roca (DAR), tiende a volverse gradualmente ácido, con concentraciones crecientes de metales por la lixiviación de éstos, generando también sólidos suspendidos. La tendencia de la

roca a generar acidez está en función del balance entre los minerales con contenido de azufre que se encuentran como sulfuros (potenciales generadores de acidez) y los minerales alcalinos, consumidores del potencial de ácido). Es por eso la importancia y la gran responsabilidad de determinar el resultado de los análisis que son el parámetro para determinar si las rocas son o no generadoras de acidez, cuando las rocas son generadoras de acidez son fuente de lixiviación de los metales arrastrando consigo la generación de la contaminación de éstos y cuando se tengan que cerrar los componentes mineros será necesario instalar un determinado tipo de cobertura impermeable para evitar la generación de acidez y cobertura normal cuando no genere acidez.

1.6. Limitaciones de la investigación

La presente investigación se limita por la escasez de conocimientos concerniente en la temática de la implementación geomembranas y sus efectos en el medio ambiente en el tiempo, como también la mitigación de contaminantes de suelos con el empleo de la geomembrana, así como su durabilidad a la radiación ultravioleta, temperatura, resistencia y reacciones con otros agentes químicos propios de los depósitos de desmontes de minerales, que luego de realizar una búsqueda de bibliografía nos basamos en las investigaciones siguientes:

Evaluación de una geomembrana de PEAD después de 14 años como revestimiento de lagunas de lixiviación.

Caracterización gravimétrica, mecánica y química de diferentes materiales utilizados en los sistemas de alcantarillado: Cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE), envejecido en ácido sulfúrico a 60°C.

Durabilidad de las geomembranas de HDPE.

Consideraciones sobre la meteorización exposición y degradación uv de geomembranas poliméricas

Por lo que hace interesante el aporte científico a la comunidad y en especial a esta ciudad que presenta proyectos de remediación ambiental de pasivos mineros, la mayoría ejecutada por la entidad del estado Activos mineros S.A.C.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

2.1.1. A nivel Internacional

Evaluación de una geomembrana de PEAD después de 14 años como revestimiento de lagunas de lixiviación

Resumen

Un sistema de revestimiento compuesto de arcilla compactada y geomembrana utilizado para contener los residuos sólidos urbanos (RSU) se evalúa el lixiviado del vertedero durante 14 años. Las observaciones de campo de la geomembrana revelaron muchos defectos, incluyendo agujeros, parches y grietas. Pruebas físicas, químicas y mecánicas realizadas en muestras recogidas de cinco diferentes

La ubicación del revestimiento sugiere que las muestras expuestas continuamente a la luz solar y a altas temperaturas experimentan más degradación en comparación con las muestras que estaban cubiertas por lixiviado

o suelo. Las pruebas de sorción y difusión revelaron que los coeficientes de permeabilidad de los compuestos orgánicos volátiles estaban en el rango de 4×10^{-12} a 6×10^{-11} m²/s y que, con respecto a estos parámetros, no hubo diferencias significativas entre las muestras con diferentes niveles de exposición.

Sin embargo, los coeficientes de permeación fueron entre cuatro y cinco veces más bajos que los valores obtenidos para el PEAD no envejecido. geomembranas típicas de la producción actual. El modelado de contaminantes de todo el revestimiento de la laguna sugiere que el revestimiento de geomembrana probablemente dejó de ser efectivo como barrera contaminante para las especies iónicas en algún momento entre 0 y 4 años después de la instalación (R. Kerry Rowe et al., 2003)

Caracterización gravimétrica, mecánica y química de diferentes materiales utilizados en los sistemas de alcantarillado: Cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE), envejecido en ácido sulfúrico a 60°C

Resumen

El efecto del envejecimiento en los comportamientos mecánicos y estructurales del PVC, PP y HDPE fue investigado por medio de una solución ácida a 60°C. Las curvas de medidas gravimétricas para PVC y HDPE durante el tiempo de prueba revela que la absorción de agua sigue el proceso Fickian, mientras que la curva de absorción de agua para el PP sigue un comportamiento no ficticio. Mientras que la degradación progresa, un aumento en la resistencia a la tracción, un se observó una caída en la elongación a la rotura y un claro modo de fallo de fragilidad para las muestras de PVC, PP y HDPE.

El aumento de las propiedades de tracción se debe al incremento de la cristalinidad y de la densidad de reticulación. La disminución de las propiedades de tensión se debe a la escisión de la cadena molecular. Los cambios en los grupos funcionales fueron monitoreados usando la espectroscopia de infrarrojos

por transformada de Fourier (FTIR). Estos resultados muestran que las principales funciones de

Los polímeros son los hidrocarburos alifáticos. Después del envejecimiento, el cambio y la aparición de nuevos picos significan un

Oxidación de grupos de hidrocarburos (CC, CH) debido al ataque de los ácidos, efecto de la temperatura y el tiempo de envejecimiento.

Los resultados muestran que existe una buena relación entre la difusión del disolvente y el aumento del tiempo exposición y temperatura sobre las propiedades mecánicas y la función de los polímeros (Sara et al., 2015).

Durabilidad de las geomembranas de HDPE

Resumen

Este documento resume los conceptos y mecanismos básicos relacionados con la durabilidad de HDPE y analiza los factores que influyen en la vida útil de la geomembrana.

La durabilidad de la Geomembrana se aborda en términos de rendimiento en campo y pruebas de laboratorio.

Se discute su vida útil proyectada que puede ir desde los resultados en varias condiciones, muchos siglos a menos de una década, dependiendo del tipo de material y la exposición r 2002 Elsevier Science Ltd. Todos los derechos reservados (R. Kerry Rowe & Sangam, 2002)

Consideraciones sobre la meteorización exposición y degradación uv de geomembranas poliméricas

Resumen

Las geomembranas poliméricas pueden verse afectadas por la radiación UV en aplicaciones no cubiertas. Pueden degradarse y presentar pérdida de las propiedades físicas y mecánicas. La degradación UV (fotodegradación) es inducida por la irradiación con UV o luz visible. Las consecuencias de la exposición a largo plazo incluyen decoloración, grietas en la superficie, fragilidad

y deterioro en las propiedades mecánicas. Este trabajo presenta algunas consideraciones sobre la exposición a la intemperie de las geomembranas. Se presentan los tiempos, los tipos de exposición, las normas y algunos resultados obtenidos de las investigaciones (Lodi et al., 1984).

2.1.2. A nivel Nacional

Evaluación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biol y biosol obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo

Resumen

En la presente investigación se determinaron y evaluaron las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del Biol y Biosol obtenidos a partir de “pollinaza” en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo. Para ello, se recolectaron 5 muestras de Biol y Biosol en un intervalo de 15 días; posteriormente fueron transportados al laboratorio para su análisis correspondiente, determinando así que tanto en Biol como Biosol, el Potasio presenta mayor concentración en (mg/L) respecto al Nitrógeno y Fósforo. Como también, que las mayores concentraciones en (mg/L) de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en las muestras de Biosol, fue en el día 15 de evaluación, observándose posteriormente un decremento de las concentraciones. A su vez se pudo determinar que la concentración inicial y final del Nitrógeno, Fósforo, Potasio (mg/L) en Biol fueron: (165.0; 1090.0), (0.1; 10.4) y (7577.6; 3371.4) y en Biosol (2023.0; 2849.0), (442.3; 300.3) y (2625.0, 3525.0), respectivamente. Posteriormente los resultados obtenidos fueron analizados y procesados estadísticamente utilizando el análisis estadístico ANOVA y t-student, pudiéndose determinar que existe diferencia significativa entre las muestras de Biol y Biosol respecto al tiempo (días), para las concentraciones en (mg/L) de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, siendo el valor de P menor de 0,05 (Cabos Sánchez et al., 2019).

2.2. Bases teóricas – científicas.

2.2.1. Material.

Los materiales descritos en esta sección incluyen la resina de geomembrana, especificaciones, rollos de geomembrana y cordones o elementos granulares de extrusión de polietileno, usados en el proceso de soldadura. La geomembrana HDPE deberá ser fabricada en una planta debidamente certificada que será aprobada previamente por la Supervisión, además deberá ser elaborada por un mismo Fabricante. El Instalador deberá entregar la información apropiada de la geomembrana según se describe en estas especificaciones.

El proyecto considera la utilización de geomembrana doblemente texturizada de HDPE de 1.50 mm para los taludes y geomembrana lisa de HDPE de 1.50 mm para las plataformas y banquetas.

Para las obras de descarga a talud, el fondo de la zanja y las paredes de esta será coberturada con la geomembrana lisa de HDPE de 1.00 mm realizan do los empalmes y las costuras correspondientes con soldadura de termofusión (CESEL Ingeniéros, 2017).

Resina de geomembrana: Constituida de polietileno compuesto y producido específicamente para la producción de geomembranas. No se aceptará polímeros reciclados ó mezclados con otros tipos de resina. La resina base deberá ser material virgen sin modificaciones o mezclado en fábrica. La resina deberá ser nueva, material de primera calidad que cumpla con las especificaciones indicadas en el Cuadro N° 5.6-1. Además, toda la resina para cada tipo de geomembrana será fabricada por un solo fabricante y suministrada por un solo proveedor.

El valor de gravedad específica proporcionado es para la densidad de la resina de base, antes de adicionar carbón negro. Un mínimo de un ensayo para cada uno de los parámetros anteriores debe ser efectuado por lote de resina.

Tabla 1. Especificaciones de la resina HDPE

Propiedad	Designación del Ensayo	Valores Especificados
Gravedad Específica	ASTM D-1505	0.932 a 0.942
Índice de Fusión	ASTM D-1238 Condición E	< 1 gramo por 10 minutos

Tabla 2. Especificaciones de la geomembrana doblemente texturizada 1.5 mm de HDPE, GRI GM13

Propiedad	Método de ensayo ASTM	Valor	Frecuencia de ensayo (mínimo)
Espesor, mm		1.43	
Espesor, mm (min. avg.)	D5199	Nominal	Par rollo
Menor valor individual de 10		1.35%	
Densidad, g/cc (min)	D1505/ D792	<0.94	90 000 kg
Propiedades de tensión ⁽¹⁾ (min. avg.)		23	
Tensión de fluencia, kN/m		200	
Tensión de rotura, kN/m	D6993 Type IV	13	6 000 kg
Elongación a la fluencia, %		200	
Elongación a la rotura, %			
Resistencia al rasgado, N (min. Avg.)	D1004	187	9 000 kg
Resistencia a punzonado, N (min. avg)	D4833	480	9 000 kg
Resistencia a la fatiga, hr. ⁽²⁾	D5397 (App)	300	Por GRI GM-10
Contenido de negro de humo, % (rango)	D1603 ⁽³⁾	2.0 – 3.0	9 000 kg
Dispersión de negro de humo	D5596	Nota ⁽⁴⁾	20 000 kg
Tiempo de inducción oxidativa (OIT) ⁽⁵⁾			
(a) Estándar OIT, minutos (min, avg.) ó	D3895	100	90 000 kg
(b) OIT a Presión alta, minutos (min, avg.)	D5885	400	
Envejecimiento en horno a 85°C ⁽⁵⁾⁽⁶⁾			
(a) Estándar OIT, % retenido después de 90 días (min. avg) ó	D5721 D3895	55	Para cada formulación
(b) OIT a Presión alta, % retenido después de 90 días (min. avg)	D5885	80	
Resistencia a rayos UV ⁽⁷⁾	GM 11		
(a) Estándar OIT (min.avg) ó	D3895	N.R ⁽⁸⁾	Para cada formulación
(b) OIT a presión alta, % retenido después de 1600 horas (min. avg). ⁽⁹⁾	D5885	50	

Valor promedio en dirección longitudinal y transversal al rollo debe ser sobre la base de 5 probetas en cada dirección.

La elongación en fluencia es calculada considerando que la probeta tiene una longitud inicial de 33 mm.

La elongación en rotura es calculada considerando que la probeta tiene una longitud inicial de 50 mm.

La tensión en fluencia empleada para calcular la carga aplicada para el ensayo SP-NCTL debe ser el valor medio del fabricante determinado por el MQC.

Otros métodos tales como el D4218 (Horno mufla) o horno microondas son aceptables si se pueden correlacionar apropiadamente con el ensayo D1603 (horno de tubo).

Dispersión de negro de humo (solo aglomerados aprox. esféricos) para 10 determinaciones diferentes 9 en la categoría 1 o 2 y 1 en la categoría 3.

El fabricante tiene la opción de seleccionar uno de los dos métodos OIT para la determinación del contenido de antioxidante en la geomembrana.

Es también recomendado evaluar muestras a 30 y 60 días para compararlas con los resultados a 90 días.

La condición de ensayo debe ser ciclos de 20 horas de exposición UV a 75°C, seguido por 4 horas de condensación a 60°C.

No recomendado, ya que las temperaturas elevadas del OIT estándar producen resultados irreales para algunos de los antioxidantes de las muestras expuestas a la radiación UV.

La resistencia UV está basada en el porcentaje del valor retenido, sin importar el valor original del OIT a presión alta.

Tabla 3. Especificaciones de la geomembrana 1.5 mm de HDPE, GRI GM13

Propiedad	Método de ensayo ASTM	Valor	Frecuencia de ensayo (mínimo)
Espesor, mm		1.500	Por rollo
Espesor, mm (min. avg.)	ASTM D 5199	1.350	Por rollo
Menor valor individual de 10			

Propiedad	Método de ensayo ASTM	Valor	Frecuencia de ensayo (mínimo)
Densidad, g/cc (min)	ASTM D 792	0.940	9.000 Kg
Propiedades de tensión (min. avg.)			9.000 Kg
Tensión de fluencia, kN/m		22	
Tensión de rotura, kN/m	ASTM D 6693 y Tipo IV	40	
Elongación a la fluencia, %		12	
Elongación a la rotura, %		700	
Resistencia al rasgado, N (min. Avg.)	ASTM D 1004	187	18.000 Kg
Resistencia a punzonado, N (min. avg)	ASTM D 4833	480	18.000 Kg
Resistencia al agrietamiento	ASTM D 5397	500	Por GRI GM10
Tiempo de inducción oxidativa (OIT) (a) Estándar OIT, minutos (min, avg.) ó (b) OIT a Presión alta, minutos (min, avg.)	ASTM D 3895	100	90.000 Kg
Envejecimiento en horno a 85°C	ASTM D 5721		
(a) Estándar OIT, % retenido después de 90 días (min. avg) ó	ASTM D 5885	80	Por cada formulación
(b) OIT a Presión alta, % retenido después de 90 días (min. avg)			
Resistencia a rayos UV			Por cada formulación
(a) Estándar OIT (min.avg) ó	ASTM D 5885	50	
(b) OIT a presión alta, % retenido después de 1600 horas (min. avg). (9)			

Tabla 4. Especificaciones de la geomembrana 1.0 mm de HDPE

Propiedad	Método de ensayo ASTM	Valor	Frecuencia de ensayo (mínimo)
Espesor, mm		1	Por rollo
Espesor, mm (min. avg.)	ASTM D 5199	0.9	Por rollo
Menor valor individual de 10			
Densidad, g/cc (min)	ASTM D 792	0.94	9.000 Kg

Propiedad	Método de ensayo ASTM	Valor	Frecuencia de ensayo (mínimo)
Propiedades de tensión (min. avg.)		15	
Tensión de fluencia, kN/m			
Tensión de rotura, kN/m	ASTM D 6693 y Tipo IV	27	9.000 Kg
Elongación a la fluencia, %		12	
Elongación a la rotura, %		700	
Resistencia al rasgado, N (min. Avg.)	ASTM D 1004	125	18.000 kg
Resistencia a punzonado, N (min. avg)	ASTM D 4833	320	18.000 kg
Resistencia al agrietamiento	ASTM D 5397	500	Por GRI GM 10
Tiempo de inducción oxidativa (OIT) (a) Estándar OIT, minutos (min, avg.) ó (b) OIT a Presión alta, minutos (min, avg.)	ASTM D 3895	100	90.000 Kg
Envejecimiento en horno a 85°C	ASTM D 5721	100	90.000 Kg
(a) Estándar OIT, % retenido después de 90 días (min. avg) ó		80	Por cada formulación
(b) OIT a Presión alta, % retenido después de 90 días (min. avg)	ASTM D 5885		
Resistencia a rayos UV			Por cada formulación
(a) Estándar OIT (min.avg) ó			
(b) OIT a presión alta, % retenido después de 1600 horas (min. avg).	ASTM D 5885		
(9)		50	

2.2.2. Rollos de geomembrana

La geomembrana para la obra deberá estar compuesta de un HDPE GRI GM13 nuevo de primera calidad fabricado y diseñado específicamente para el propósito de contención de soluciones. La geomembrana deberá ser producida en rollos y deberá estar libre de agujeros, bultos y material no disperso, cortes,

doblado y cualquier signo de material extraño. Cada rollo deberá estar identificado con etiquetas que proporcionen información del espesor, largo, ancho, número del rollo y lugar de la planta.

El porcentaje total combinado de todos los aditivos incluyendo carbón negro, antioxidantes y otros deberá ser menor que 3.5% del peso de la geomembrana. De este 3.5% no más de 1% corresponderán a aditivos diferentes al carbón negro. Todos los aditivos serán dispersados uniformemente a toda la geomembrana.

El Fabricante deberá realizar ensayos de laboratorio de control de calidad en la geomembrana con la frecuencia indicada en estas especificaciones. La geomembrana deberá ser evaluada con los parámetros indicados en el Cuadro 5.6-2 de acuerdo con los métodos de ensayo previstos. El Fabricante determinará el ancho de cada rollo. Las propiedades a la tracción, altura de la aspereza, resistencia al rasgado, resistencia al punzonado, contenido de carbón negro y la dispersión del carbón serán evaluadas por el Fabricante a una frecuencia indicada en el GM13 del GRI. La gravedad específica y la elongación multiaxial deberán ser evaluadas 1 vez por lote de resina o lo que indica el GM13 del GRI. El Fabricante certificará que el material propuesto cumple con los requerimientos para la resistencia al agrietamiento por esfuerzos del medio ambiente. Esta certificación deberá estar acompañada de los resultados más recientes de ensayos de resistencia al agrietamiento por esfuerzos para verificar que el producto proporcionado cumple los requerimientos del proyecto.

Los certificados de control de calidad deberán ser entregados a la Supervisión con un mínimo de 7 días de anticipación antes del envío del Fabricante. Ningún material se instalará sin que su control de calidad haya sido revisado y aprobado. Los certificados de control de calidad deberán incluir lo siguiente:

Identificación del rollo y su número.

Procedimientos de ensayo utilizados.

Resultados de todos los ensayos de laboratorio.

Especificaciones del proyecto.

Certificación de que los ensayos descritos en los Cuadros 5.6-2, 5.6-3 y 5.6-4 fueron realizados de acuerdo a lo especificado.

Para garantizar la calidad de la geomembrana una muestra del material entregado en obra será enviada a un laboratorio GAI LAP tipo "A" para verificar que cumple con las propiedades especificadas.

El costo de esta verificación será asumido por el Contratista. Si los resultados de los ensayos de los materiales no son proporcionados en un tiempo prudencial ó en un formato que permita su revisión adecuada, el Instalador estará sujeto a pago de penalidades, por el tiempo adicional y gastos (más 20%).

Las penalidades también serán establecidas por la revisión de nuevos informes que sean proporcionados sí los materiales ó informes originales no cumplieron con lo requerido en las especificaciones.

Elementos extruídos o cordones: Los elementos extruídos o cordones usados para la soldadura por extrusión de la geomembrana deberán tener la misma resina y ser del mismo proveedor que la geomembrana. No se permitirá utilizar material reciclado.

Los elementos extruídos o cordones no deberán estar contaminados con sustancias extrañas y deberán cumplir con las especificaciones señaladas en el Cuadro 5.6-5. El Fabricante deberá realizar estas pruebas con una frecuencia de una prueba por lote.

Tabla 5. Especificaciones para los elementos extruidos o cordones

Propiedad	Designación del ensayo	Valores especificados
Gravedad específica	ASTM D-1505	0.935 – 0.950

Contenido de negro de humo	ASTM D-1603	2 a 3%
Índice de Fusión	ASTM D-1238 Condición E	< 1 gramo por 10 minutos

Los elementos extruidos o cordones deberán ser proporcionados en rollos, identificados con el número de rollo, número de lote y de Fabricante. El diámetro del cordón no deberá variar en +/- 10% de su valor nominal. Los cordones deberán estar exentos de ranuras, deformaciones, acanaladuras, burbujas, y cualquier otro defecto visible (CESEL Ingenieros, 2017).

2.3. Definición de términos básicos.

- **Aseguramiento de calidad (QA):**

Verificación de las funciones de control de calidad con el propósito de determinar si éstas han sido efectuadas de manera correcta y adecuada.

- **Contratista de geosintéticos:**

También denominado "Instalador". La unidad responsable por la instalación de geosintéticos en campo. Esta definición es aplicable a cualquiera de las partes que realice trabajos definidos como instalación de geomembrana o geotextil, incluso cuando éstas no sean sus funciones primarias.

- **Control de calidad (QC):**

Ensayos, observaciones y funciones relacionadas que se lleven a cabo durante la instalación del sistema, con el fin de determinar que este trabajo sea conducido en concordancia con los Planos y Especificaciones aprobados.

- **Geotextil:**

Material de fibra sintética no tejida.

- **Geomembrana:**

Lámina delgada impermeable fabricado de polímeros (Polietileno).

- **Documentos del proyecto**

Planos de construcción, planos de registro, especificaciones, informes diarios, informe final, todos los resultados de ensayos de laboratorio y de campo, e indicaciones del Contratista Constructor y/o Instalador.

- **Ingeniero de QA:**

Ingeniero administrador principal responsable de la supervisión y/o realización de las tareas de Aseguramiento de la Calidad de la Construcción descritas en las especificaciones. El Ingeniero de QA es responsable además de la supervisión del personal de QA y de todas las tareas asignadas a ellos. La inspección, observación, aprobación u otras acciones del Ingeniero de QA o su representante de ninguna manera limitan las obligaciones y responsabilidades del Contratista o Instalador relacionadas con los requerimientos de estas especificaciones.

- **Laboratorio:**

Ente establecido y autorizado por la Supervisión para realizar los ensayos de materiales y el trabajo involucrado en el contrato.

- **Planos y especificaciones de construcción del proyecto:**

Incluye todos los planos y especificaciones relacionadas con el proyecto, considerando también las modificaciones al diseño y planos de gabinete aprobados.

- **Panel:**

Un área unitaria de la geomembrana o geotextil, la cual será soldada en campo.

- **Supervisor de QA:**

Persona responsable de realizar la supervisión y conducción de programas de QA y ensayos en campo.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Si instalamos la geomembrana entonces mitigaremos la contaminación en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019.

2.4.2. Hipótesis Específicas

Si se resiste a los sulfatos entonces mitigaremos de sus efectos contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019.

Si aislamos las variaciones de la temperatura entonces mitigaremos su efecto como contaminante en el suelo de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variables independientes

Instalación de la geomembrana.

2.5.2. Variables dependientes

Mitigación de contaminantes en los suelos.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

La operacional de variables e indicadores son las siguientes:

Tabla 7. Operacionalización de variables de investigación

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Instalación de la Geomembrana	Conjunto de actividades coordinadas para hacer uso de la geomembrana	Resistencia a los sulfatos	¿Resistencia a los sulfatos o productos lixiviados que genera la desmontera?	Pruebas de laboratorio
		Durabilidad a la temperatura generada por el suelo	¿Tasa de agotamiento de antioxidantes de la geomembrana generado por la temperatura?	Pruebas de laboratorio

Mitigación de contaminantes en los suelos	Aislamiento del suelo a sustancias químicas contaminantes	Protección del suelo de la revegetación ambiental contra contaminantes mineralógicos	¿Se evidencia la protección del suelo de la revegetación contra los contaminantes?	Planos de la cobertura vegetal
--	---	--	--	--------------------------------

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación por el grado de profundidad del conocimiento con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio es de tipo descriptivo correlacional, porque no se ejerce ninguna manipulación de las variables (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.2. Nivel de investigación

Es el tipo de investigación descriptivo establece las relaciones de causa y efecto que permiten hacer generalizaciones a realidades similares.

Es un estudio muy útil para probar teorías sobre el empleo de geomembranas en el cierre del pasivo ambiental de Excelsior, un estudio de plan de cierre empleando indicadores que reflejen la protección y el encapsulamiento de los residuos mineros empleando tecnologías de la calidad ambiental.

3.3. Métodos de investigación

Por la naturaleza de la investigación se emplea el método hipotético inductivo porque a partir de la observación nos permite formular las hipótesis,

también empleamos la analítica porque nos permite descomponer el problema general de estudio separando en cada una de sus partes para estudiar en forma individual la que forma los problemas específicos, como se menciona en la presente.

Previo a la aplicación del método científico donde se recaban las observaciones generadas de los análisis del laboratorio, debe ocurrir el proceso de la medición de la degradación de la geomembrana a través de su tasa oxidativa a una temperatura promedio de 10 °C ya que esta nos conlleva a la formulación del problema, hipótesis, verificación, análisis y conclusión de la presente (Arias, 2012)

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación para relacionar los fenómenos causales como la instalación de la geomembrana con la mitigación de contaminantes en los suelos, es de tipo no experimental transeccionales o transversal de tipo correlacional (Arias, 2012).

Presentando un nivel de investigación descriptiva lo cual consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

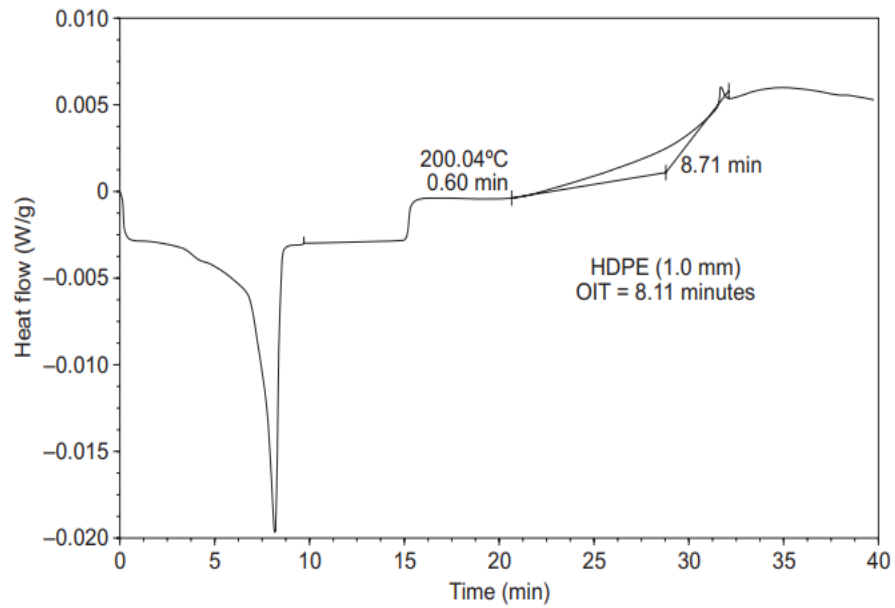
3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Según Hernández, Fernández y Baptista en su libro Metodología de la investigación Quinta Edición Best Seller (2010, p. 174) "una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones".

La población para nuestro caso estudio está constituida por los datos del monitoreo de presiones en los ductos del aparato de Venturi como se muestra en la figura.

Figura 4. Datos del comportamiento de la geomembrana a distintas temperaturas



3.5.2. Muestra

Tamaño de muestra para nuestro estudio se determina, según el modelo inferencial para poblaciones infinitas, por el comportamiento propio del proceso:

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

Donde:

Z = 1.96, Para un nivel de confianza del 95%

P = 0.93; Proporción de aciertos

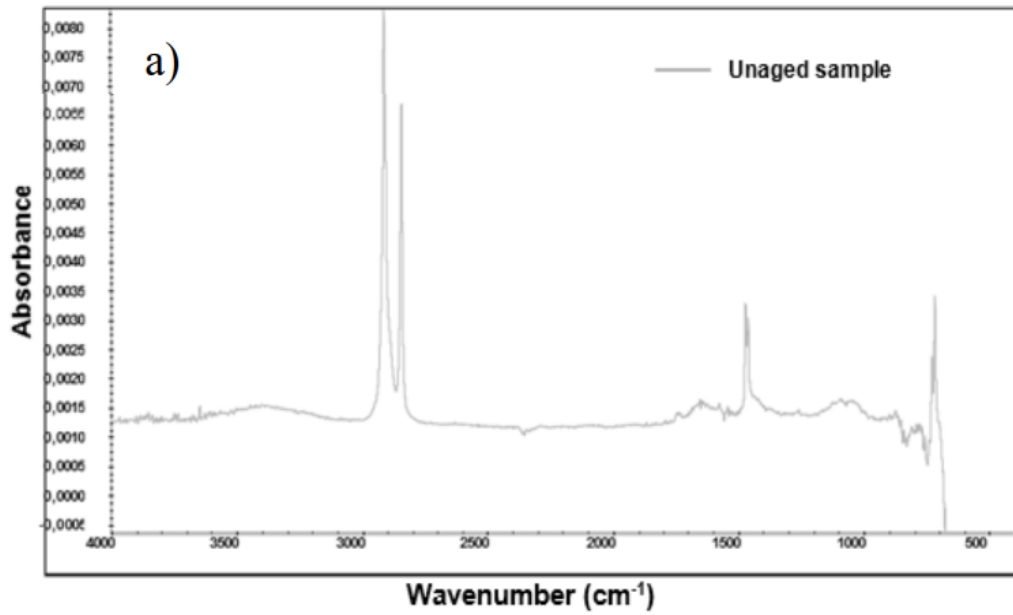
q = 0.07; Proporción de fracasos

e = 0.08; Margen de error

$$n = \frac{1.96^2 \times 0.93 \times 0.07}{0.13^2} = 14.79$$

Durante los dos meses se efectuaron alrededor lecturas de transferencia de energía solar en tal sentido nuestro tamaño de muestra fue 39.07 aproximando a 40 eventos.

Figura 4. Conjunto de datos de la muestra

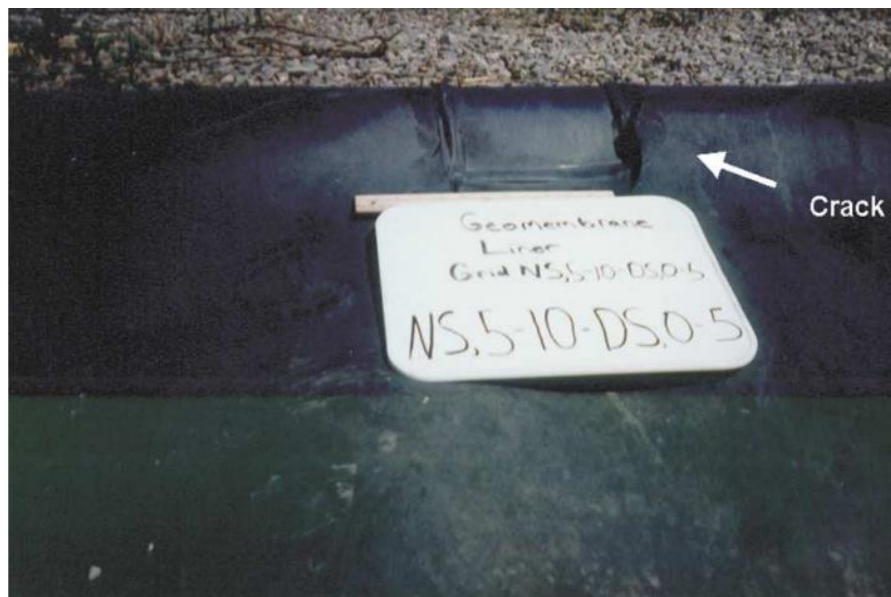


3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Instrumentos de recolección de datos se dividen de acuerdo a las variables de investigación y es como siguen:

Instrumento para la variable 1 – Instalación de la geomembrana.

Figura 5. Características de la geomembrana



La geomembrana deberá ser colocada según el plano de distribución de paneles entregado por el Instalador y aprobado por la Supervisión. Todos los

paneles de revestimiento deberán estar orientados de tal manera que las costuras sean ejecutadas en dirección de la pendiente.

Cada panel deberá estar etiquetado con un número o código único de identificación acordado por todas las partes. El revestimiento será desplegado usando métodos y equipos que no dañen la geomembrana o el revestimiento de suelo. El personal de instalación que trabaje en el revestimiento no fumará, y no deberá utilizar zapatos que puedan dañar la geomembrana, así como tampoco realizará otras actividades potencialmente dañinas.

El Instalador usará los medios apropiados para proteger la geomembrana de ser levantada por causa del viento. Los bordes de los paneles deberán tener un lastre continuo para disminuir la posibilidad de que el viento penetre debajo de los paneles. El material usado para mantener sujeto el revestimiento no deberá causarle daño alguno. Se permitirá la circulación sobre la geomembrana expuesta de pequeños vehículos tipo todo terreno, con previa aprobación de la Supervisión, siempre y cuando el Instalador demuestre que el vehículo no dañará la geomembrana.

Durante las operaciones de instalación de la geomembrana, el Instalador deberá realizar el mayor esfuerzo posible de modo de minimizar los desperdicios.

Conforme se despliega el material de revestimiento, éste deberá ser inspeccionado visualmente y cualquier defecto deberá ser marcado para su reparación. Si se identifica una cantidad significativa de defectos, según lo determine la Supervisión, el material será retirado y reemplazado a costo del Instalador. No se debe permitir el despliegue del revestimiento en periodos húmedos o de demasiado viento o en presencia de agua estancada o sobre suelo congelado sin la aprobación de la Supervisión.

El Instalador proporcionará suficiente holgura en la geomembrana como para permitir la contracción causada por bajas temperaturas. Antes de iniciar la construcción, el Instalador deberá presentar los cálculos y un cuadro resultante

que muestre la cantidad de material extra requerido por cada 25 metros cuadrados de membrana colocada, para una temperatura determinada.

Instrumento para la variable 2 – Mitigación de contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior.

Figura 6. Análisis de campo de los sulfatos



Corresponde a fragmentos de rocas pizarras fuertemente silicificadas con óxidos de hierro, diseminación y fragmentos de sulfuros, carbonatos y arcillas. Su composición y abundancia mineralógica se indica en la tabla siguiente (CESEL, Ingeniería de detalle para el abandono del depósito de desmonte Excelsior, 2016):

Tabla 6. Mineralogía de la desmontera

Minerales/ EXDM-3	Formula	% en Peso
Cuarzo	SiO ₂	34,05
Calcita	CaCO ₃	0,12
Ortoclasa	K(AlSi ₃ O ₈)	1,60
Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)	1,80
Anortita	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	1,30
Pirita	FeS ₂	28,745
Pirrotita	Fe _{x-1} S	6,100
Calcopirita	CuFeS ₂	0,707
Esfalerita	(Zn,Fe)S	0,405
Galena	PbS	0,060
Hematita	Fe ₂ O ₃	19,41
Montmorillonita	Na _{0,3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ xH ₂ O	3,18
Pirolusita	MnO ₂	0,32
Goetita	FeO(OH)	2,10
Siderita	FeCO ₃	0,10

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

Selección de datos.

La toma donde se extrajo los datos, se encuentra ubicado en la zona donde se especifica el monitoreo de parámetros ambientales por la Empresa Activos Mineros Sociedad Anónima y los mismos se procesan bajo los modelos de cálculo para obtener el tamaño de la muestra especificada líneas más abajo.

Agotamiento de la geomembrana a la exposición de sulfatos en función a cada mes, llegando a cero con una aproximación de 3200 meses.

Tabla 7. Datos de la muestra

t (meses)	Tasa de agotamiento a los suelos contaminados
0	100
2	99.42167875
4	98.84670206
6	98.27505058
8	97.70670508
10	97.14164645
12	96.57985567
14	96.02131384
16	95.46600218
18	94.91390201
20	94.36499474
22	93.81926193
24	93.2766852
26	92.73724631
28	92.20092711
30	91.66770956
32	91.13757572
34	90.61050776
36	90.08648794
38	89.56549864
40	89.04752233
42	88.53254159
44	88.02053909
46	87.51149761
48	87.00540003
50	86.50222931
52	86.00196854
54	85.50460088
56	85.01010961

58	84.51847808
60	84.02968977
62	83.54372822
64	83.06057709
66	82.58022012
68	82.10264116
70	81.62782414
72	81.15575309
74	80.68641213
76	80.21978546
78	79.7558574
80	79.29461233
82	78.83603474
84	78.3801092
86	77.92682038
88	77.47615302
90	77.02809196
92	76.58262214
94	76.13972856
96	75.69939634
98	75.26161064
100	74.82635676
102	74.39362004
104	73.96338593
106	73.53563995
108	73.11036772
110	72.68755493
112	72.26718736
114	71.84925086
116	71.43373137
118	71.02061493
120	70.60988762
122	70.20153564
124	69.79554524
126	69.39190277
128	68.99059466
130	68.59160739
200	55.98983666
3200	0.009327112

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

El diseño de la observación se propone, cumpliendo los siguientes procedimientos:

Implementación del aparato de Venturi para la adquisición de datos de manera experimental en el laboratorio de física de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Exploración de la data mediante tablas para su procesamiento estadístico.

Desarrollo de los cálculos teóricos en la experimentación de los ductos de agua. Determinación de los parámetros que arrojan información de la población.

Figura 7. Técnica para el procesamiento y análisis de datos



Fuente: Mathworks.es

3.9. Tratamiento Estadístico.

Por la naturaleza de estudio, el proceso dinámico se soporta en la Inferencia estadística, por la razón que no se puede determinar la población, por lo tanto, empleamos los siguientes modelos:

Para la muestra.

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

Z= Para un nivel de confianza del 95%.

P= Proporción de aciertos.

q= Proporción de fracasos.

e= Margen de error

Para la prueba de normalidad

Determinado la prueba de normalidad se seleccionará el estadístico, como es de saber el agotamiento debe tender a cero y para la duración del proyecto de 10 años son necesarios 120 meses y en nuestra muestra se eligió 66 en una progresiva de dos meses.

Cuando la muestra es como máximo de tamaño 50 se puede contrastar la normalidad con la prueba de shapiro Shapiro-Wilk. Para efectuarla se calcula la media y la varianza muestral, S^2 , y se ordenan las observaciones de menor a mayor. A continuación, se calculan las diferencias entre: el primero y el último; el segundo y el penúltimo; el tercero y el antepenúltimo, etc. y se corrigen con unos coeficientes tabulados por Shapiro y Wilk. El estadístico de prueba es:

$$W = \frac{D^2}{nS^2} ; \text{ donde } D \text{ es la suma de las diferencias corregidas.}$$

Descriptivos

Parámetros Estadísticos		Estadístico	Desv. Error	
Tasa de agotamiento	Media	83,326532	1,1405865	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	81,048623	
		Límite superior	85,604440	
	Media recortada al 5%	83,230428		
	Mediana	82,820399		
	Varianza	85,862		
	Desv. Desviación	9,2661683		
	Mínimo	68,5916		
	Máximo	100,0000		
	Rango	31,4084		

Rango intercuartil	16,1173	
Asimetría	,135	,295
Curtosis	-1,179	,582

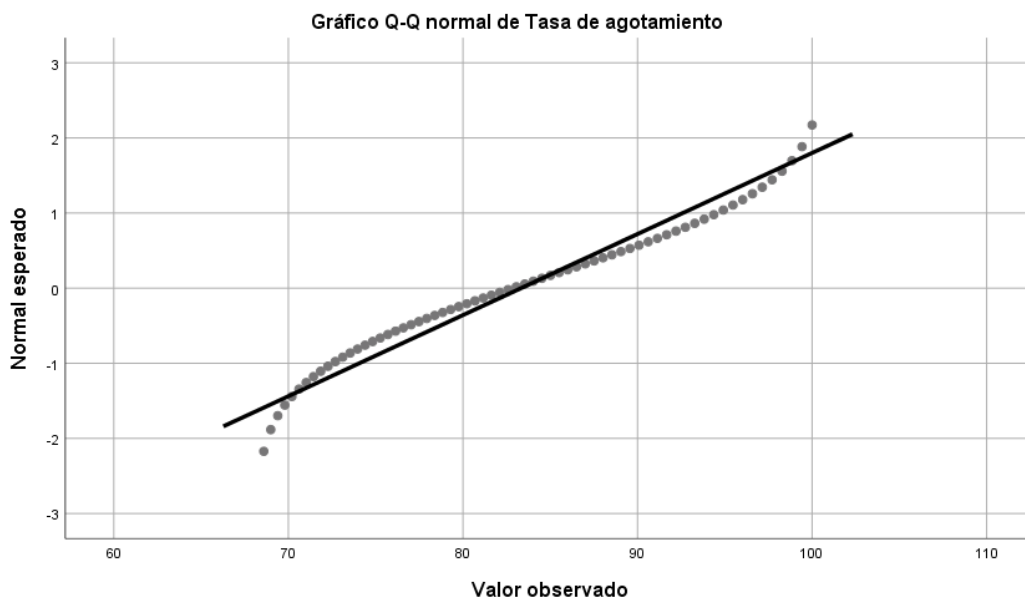
Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tasa de agotamiento	,070	66	,200*	,953	66	,015

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 8. Normalidad de la muestra



Para la prueba de hipótesis:

En esta prueba se evalúa la hipótesis nula de que la media de la población estudiada es igual a un valor especificado μ_0 , se hace uso del estadístico:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}},$$

Donde: μ_0 es la media muestral, s es la desviación estándar muestral y n es el tamaño de la muestra. Los grados de libertad utilizados en esta prueba se corresponden al valor $n - 1$.

Certificación de la evaluación


Solo se seleccionarán 66 datos

Tabla 8. Datos de la muestra

Cantidad	Tasa de agotamiento (S)
1	100
2	99.42167875
3	98.84670206
4	98.27505058
5	97.70670508
6	97.14164645
7	96.57985567
8	96.02131384
9	95.46600218
10	94.91390201
11	94.36499474
12	93.81926193
13	93.2766852
14	92.73724631
15	92.20092711
16	91.66770956
17	91.13757572
18	90.61050776
19	90.08648794
20	89.56549864
21	89.04752233
22	88.53254159
23	88.02053909
24	87.51149761
25	87.00540003
26	86.50222931
27	86.00196854
28	85.50460088
29	85.01010961
30	84.51847808
31	84.02968977
32	83.54372822
33	83.06057709
34	82.58022012

35	82.10264116
36	81.62782414
37	81.15575309
38	80.68641213
39	80.21978546
40	79.7558574
41	79.29461233
42	78.83603474
43	78.3801092
44	77.92682038
45	77.47615302
46	77.02809196
47	76.58262214
48	76.13972856
49	75.69939634
50	75.26161064
51	74.82635676
52	74.39362004
53	73.96338593
54	73.53563995
55	73.11036772
56	72.68755493
57	72.26718736
58	71.84925086
59	71.43373137
60	71.02061493
61	70.60988762
62	70.20153564
63	69.79554524
64	69.39190277
65	68.99059466
66	68.59160739

Figura 9. Especificación técnica de la geomembrana HDPE

	ESPECIFICACION TECNICA CSL-131200-3-ET-06				Código del Proyecto: 131200	
					Revisión: 1	
					Páginas: 17	
Proyecto: "Ingeniería de Detalle para el Abandono del Depósito de Desmontes Excelsior – Cerro de Pasco"					Especialidad: Obras Civiles	
Título: GEOMEMBRANAS HDPE						
Referencia:						
CONTROL DE REVISIONES						
Revisión	Fecha	Elaborado		Revisado		Descripción de Cambios
		Iniciales	Firma	Iniciales	Firma	
A	31/07/13	C.L.T.		J.C.S.		Emitida para revisión
B	11/08/14	C.L.T.		J.C.S.		Emitida para revisión
0	05/12/14	C.L.T.		J.C.S.		Emitida para aprobación
1	10/06/17	J.L.L.		C.L.T.		Emitida para aprobación

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.

Derecho de autor: El inciso 9) del artículo 2º, de la Ley sobre el Derecho de autor, hace referencia al derecho de divulgación. No obstante, en dicha ley, no se señala el momento que debe entenderse que se perfecciona la divulgación de la obra donde los datos para el análisis se proporcionan.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Las pruebas realizadas en el laboratorio de la geomembrana HDPE instalada en el proyecto cuyas características se talla en la Tabla 3, a la corrosión de los de los elementos lixiviantes generados por el contacto del agua y el mineral los se muestran en la Tabla 5.

Tabla 9. Datos extraídos de las pruebas de laboratorio CESEL S.A

°C	1/mes
20	0,0061
40	0,04505
60	0,1002
80	1,218

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

La prueba de normalidad se interpreta como el estadístico a utilizar para la validación de hipótesis por lo que el nivel de significancia 0.05 define aceptamos la de la variable de la población tiene una distribución normal o es distinta.

Para nuestro caso el alfa de significancia es de 0.09, por la hipótesis nula lo que conlleva el comportamiento de la variable es rígida otra distribución.

Tabla 10. Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Corrosion	,411	4	.	,691	4	,009

a. Corrección de significación de Lilliefors

La tasa de agotamiento en función de la temperatura en grados celsius es de manera exponencial ver Figura 6, modelando la durabilidad de la geomembrana, para temperaturas de operación de 10 °C, es notorio su desempeño.

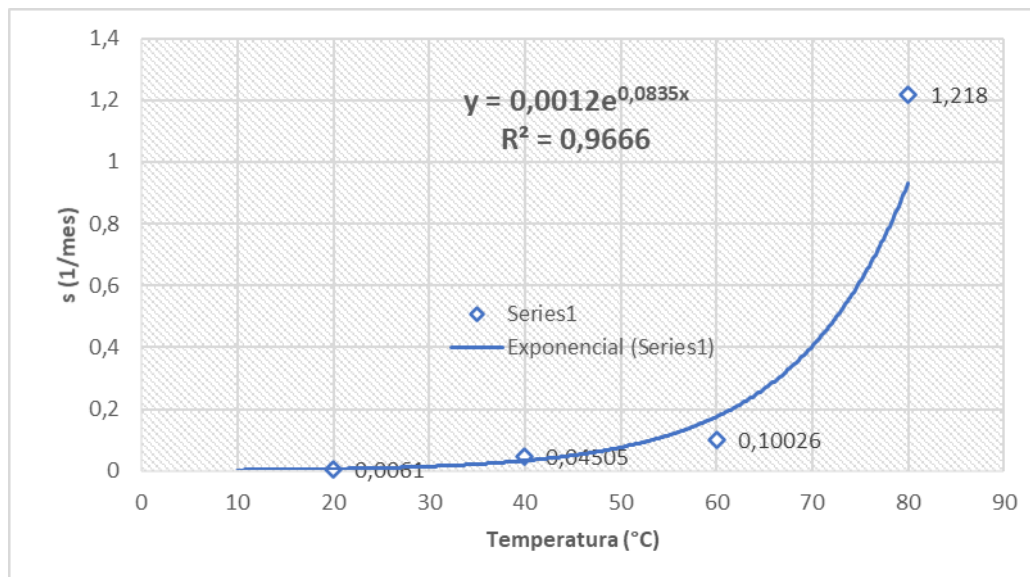


Gráfico 1. Índice de ajuste de 0,96 entre la temperatura y la tasa de agotamiento oxidativa

Si consideramos explosión prolongada a la radiación ultravioleta, la temperatura elevada y el oxígeno, la relación entre la vida útil no expuesta y la expuesta es de siete (Koerner et al., 2017), operando 266,6/7 esta es de 38 años mientras que el agotamiento de antioxidantes en lixiviados radiactivos sintéticos se estimada en 730 años (Tian et al., 2017) además el efecto de un lixiviado sintético puede ser mejor o peor dependiendo de su paquete de antioxidantes, resina y espesor de la geomembrana (R. Kerry Rowe & Shoab, 2017).

4.3. Prueba de Hipótesis

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Tasa de agotamiento	66	83,326532	9,2661683	1,1405865

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 0						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Tasa de agotamiento	73,056	65	,000	83,3265317	81,048623	85,604440

4.4. Discusión de resultados

Los geosintéticos poliméricos actúan como membranas o barreras para mitigar el riesgo de contaminar el agua subterránea y la vegetación (Ortego et al., 1995). Por lo que es una alternativa viable en aislamiento de suelos contaminados y mejor con la combinación de tierra-bentonita siendo esta ultima la técnica de barrera vertical más segura para su mitigación (Qian et al., 2019).

Esta es la sección adecuada del artículo para adicionar el contenido científico, a través del análisis de los resultados presentados con el debido soporte de la literatura y el modelado y simulación de comportamientos y condiciones específicas.

Tabla 11. Descripción estadística

		Estadístico	Desv. Error
Temperatura	Media	50,00	12,910
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 8,91	
		Límite superior 91,09	
	Media recortada al 5%	50,00	
	Mediana	50,00	
	Varianza	666,667	

	Desv. Desviación	25,820	
	Mínimo	20	
	Máximo	80	
	Rango	60	
	Rango intercuartil	50	
	Asimetría	0,000	1,014
	Curtosis	-1,200	2,619
Tasa_de_agotamiento	Media	0,342353	0,2925209
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior -0,588580	Límite superior 1,273285
	Media recortada al 5%	0,312386	
	Mediana	0,072655	
	Varianza	0,342	
	Desv. Desviación	0,5850418	
	Mínimo	0,0061	
	Máximo	1,2180	
	Rango	1,2119	
	Rango intercuartil	0,9227	
	Asimetría	1,974	1,014
	Curtosis	3,912	2,619

Los resultados mostrados en la Figura 2, indica través de su textura el agotamiento de antioxidantes, influyendo en la durabilidad como se indican en las investigaciones de tiempo de inducción y tiempo para alcanzar la vida media [45,46], el impacto de varias dosis de irradiación y en el aire sobre la nanoestructura de volumen libre y durabilidad, influyen a dosis bajas de 1 kGy (unidad de dosis de radiación ionizante) en la tensión y el alargamiento (Taha & Mohamed, 2020).

El modelo de difusión/reacción a la pérdida de antioxidantes de las poliolefinas en aplicaciones de agua caliente (Dean, 2016), considera el área debilitada en la unión entre el borde de la soldadura y el material base de la geomembrana (Zhizhou et al., 2019). Si se tiene en cuenta la técnica de soldadura de doble cuña se confirma la morfología del borde exterior de la compresión una alteración (Zhang et al., 2017), además en aplicaciones con arcilla compactada de 0,5 m de grosor el incremento de la capa de suelo retrasa el tiempo de penetración de los contaminantes (Zhou et al., 2017).

Con los datos del reporte del laboratorio, la confiabilidad es de 83.5% asegurando una duración de más de 266 años, logrando el objetivo como en los revestidos para la mejora de la calidad del producto de sal de 85.4% hasta 95.75%(Jumaeri et al., 2018), de igual manera en la producción de gas licuado de petróleo (X. Liu et al., 2019) sin embargo es necesario considerar los beneficios económicos y ambientales, así como los efectos secundarios ambientales relacionados (Müller & Saathoff, 2015).

CONCLUSIONES

En los proyectos que requieran instalaciones de la geomembrana HDPE en alturas superiores a 4300 msnm, se debe evitar la exposición prolongada a la meteorología de la zona como muestra la figura 2.

Para determinar la tasa de agotamiento a una temperatura ambiental promedio de la zona de 10 °C, es necesario extrapolar empleando el modelo a Arrhenius obteniendo 0,0029 para nuestro caso y con ello una durabilidad de 266,6 años.

La exposición prolongada de los rayos UV, produce un efecto desintegrador en iones degradando las geomembranas polímeros, por lo que es necesario considerar la radiación solar en la ciudad de Cerro de Pasco, en esta según el reporte del SENAMHI la media es de 14 el IUV por lo que se debe priorizar el cumplimiento de procedimientos para reducir su exposición e incrementar su durabilidad.

RECOMENDACIONES

Para proyectos de remediación ambiental el uso de la geomembrana es una alternativa viable por la durabilidad sin embargo para actitudes a más de 4300 m sobre el nivel del mar la meteorología es de vital importancia considerar.

El uso de esta geomembrana para climas cuyo promedio de temperatura ambiental es de 5 grados se debe evitar la exposición a la radiación ultravioleta ya que esta disminuye su durabilidad por lo que es necesario considerar medidas de contingencia en el proyecto para su eficiente desempeño.

La cobertura de los geosintéticos la piedra chancada y el topsoil ayuda evitar una prolongación considerable a la radiación solar por lo que es necesario ejecutar esas actividades del proyecto a breve plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelaal, F. B., & Rowe, R. K. (2019). Degradation of an HDPE geomembrane without HALS in chlorinated water. *Geosynthetics International*, 26(4), 354–370.
<https://doi.org/10.1680/jgein.19.00016>
- Abdelaal, Fady B, Rowe, R. K., Smith, M., & Thiel, R. (2011). Oit depletion in hdpe geomembranes used in contact with solutions having very high and low ph. *Pan-Am CGS Geotechnical Conference*, 1(January), 1–7.
- Bansal, M., & Singh, R. P. (2019). Effect of black and white color on HDPE geomembranes and formation of wrinkles. *AIP Conference Proceedings*, 2142, 150021. <https://doi.org/10.1063/1.5122570>
- Cahyani, D., Haryanto, A., Putra, G. A., Fil'aini, R., & Marpaung, D. S. S. (2019). Life cycle assessment of biogas digester in small scale tapioca industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 258(1), 012017.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/258/1/012017>
- Cen, W. J., Bauer, E., Wen, L. S., Wang, H., & Sun, Y. J. (2019). Experimental investigations and constitutive modeling of cyclic interface shearing between HDPE geomembrane and sandy gravel. *Geotextiles and Geomembranes*, 47(2), 269–279. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2018.12.013>
- CESEL Ingeniéros. (2017). Especificacion tecnica. *Especificacion Tecnica*, 72(1), 704.
- Eldesouky, H. M. G., & Brachman, R. W. I. (2020). Viscoplastic modelling of HDPE geomembrane local stresses and strains. *Geotextiles and Geomembranes*, 48(1), 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2019.103503>
- Gulec, S. B., Edil, T. B., & Benson, C. H. (2004). Effect of acidic mine drainage on the polymer properties of an HDPE geomembrane. *Geosynthetics International*, 11(2), 60–72. <https://doi.org/10.1680/gein.2004.11.2.60>

- Kumar, G., & Reddy, K. R. (2019). Shear Response of Interfaces in Liner System under Accelerated Degradation of MSW in Bioreactor Landfill. *Geo-Congress 2019, 2019-March*(GSP 312), 149–157.
<https://doi.org/10.1061/9780784482148.015>
- Li, L., Fall, M., & Fang, K. (2020). Shear behavior at interface between compacted clay liner–geomembrane under freeze-thaw cycles. *Cold Regions Science and Technology*, *172*(1), 103006. <https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2020.103006>
- Lin, H., & Zhang, L. L. (2017). Effect of hydration state on shear strength of composite liner with needle-punched GCL. *Yantu Gongcheng Xuebao/Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, *39*(1), 219–223.
<https://doi.org/10.11779/CJGE2017S1043>
- Liu, N., Geutebrück, E., & Ramsey, B. (2017). Leak location using permanent leak detection system for HDPE geomembrane. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, *11*(5), 3320–3326. <https://doi.org/10.12030/j.cjee.201512225>
- Lodi, P. C., Carlos, S., & Zornberg, J. G. (1984). Considerations About Weathering Exposure and Uv Degradation of Polymeric Geomembranes. *Pesquisa e Tecnologia Minerva*, *4*(2), 201–205.
- Marcotte, B. A., & Fleming, I. R. (2019). The role of undrained clay soil subgrade properties in controlling deformations in geomembranes. *Geotextiles and Geomembranes*, *47*(3), 327–335.
<https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2019.02.001>
- Morsy, M. S., & Rowe, R. K. (2020). Effect of texturing on the longevity of high-density polyethylene (HDPE) geomembranes in municipal solid waste landfills. *Canadian Geotechnical Journal*, *57*(1), 61–72. <https://doi.org/10.1139/cgj-2019-0047>
- Müller, W. W., & Wöhlecke, A. (2019). Zero leakage? Landfill liner and capping

systems in Germany. *Environmental Geotechnics*, 6(3), 162–170.

<https://doi.org/10.1680/jenge.16.00031>

Osawa, Z., & Ishizuka, T. (1973). Catalytic action of metal salts in autoxidation and polymerization. X. The effect of various metal stearates on the thermal oxidation of 2,6,10,14-tetramethylpentadecane. *Journal of Applied Polymer Science*, 17(9), 2897–2907. <https://doi.org/10.1002/app.1973.070170926>

Peggs, I. D., International, I., & Ridge, O. (2002). *Search The oxidation and mechanical performance of HDPE geomembranes : a more practical durability parameter*. 4000(1), 779–782.

Pienaar, R. A., & Fourie, W. (2017). Potential solution to pollution of groundwater by diffusion of volatile organic compounds through the primary HDPE geomembrane in composite lining systems of landfills. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, 59(1), 35–44. <https://doi.org/10.17159/2309-8775/2017/v59n1a5>

Punetha, P., Mohanty, P., & Samanta, M. (2017). Microstructural investigation on mechanical behavior of soil-geosynthetic interface in direct shear test. *Geotextiles and Geomembranes*, 45(3), 197–210.
<https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2017.02.001>

Rentz, A. K., Brachman, R. W. I., Take, W. A., & Rowe, R. K. (2017). Comparison of Wrinkles in White and Black HDPE Geomembranes. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 143(8), 04017033.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0001715](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001715)

Rowe, R. K., Rimal, S., & Sangam, H. (2009). Ageing of HDPE geomembrane exposed to air, water and leachate at different temperatures. *Geotextiles and Geomembranes*, 27(2), 137–151.

<https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2008.09.007>

- Rowe, R. Kerry, Sangam, H. P., & Lake, C. B. (2003). Evaluation of an HDPE geomembrane after 14 years as a leachate lagoon liner. *Canadian Geotechnical Journal*, 40(3), 536–550. <https://doi.org/10.1139/t03-019>
- Saha, P., Roy, D., Manna, S., Adhikari, B., Sen, R., & Roy, S. (2012). Durability of transesterified jute geotextiles. *Geotextiles and Geomembranes*, 35(1), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2012.07.003>
- Saheli, P. T., Rowe, R. K., Petersen, E. J., & O'Carroll, D. M. (2017). Diffusion of multiwall carbon nanotubes through a high-density polyethylene geomembrane. *Geosynthetics International*, 24(2), 184–197. <https://doi.org/10.1680/jgein.16.00025>
- Sangam, H. P., & Rowe, R. K. (2001). through HDPE geomembranes. *Geotextiles and Geomembranes*, 19(1), 329–357.
- Sara, L., Abdelkhalek, L., Cher, M., Abdellah, C., & Ahmed, D. (2015). Gravimetric , mechanical and chemical characterization of different materials used in sewers systems : Polyvinyl chloride (PVC), polypropylene (PP) and high density polyethylene (HDPE), aged in sulfuric acid at 60 ° C. *Engineering And Science*, 5(4), 1–10.
- Sun, X. chen, Xu, Y., Liu, Y. qiang, Nai, C. xin, Dong, L., Liu, J. cai, & Huang, Q. fei. (2019). Evolution of geomembrane degradation and defects in a landfill: Impacts on long-term leachate leakage and groundwater quality. *Journal of Cleaner Production*, 224(1), 335–345. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.200>
- Yang, P., Xue, S. B., Song, L., & Zhu, X. wen. (2017). Numerical simulation of geomembrane wrinkle formation. *Geotextiles and Geomembranes*, 45(6), 697–701. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2017.08.001>

ANEXOS

Instrumento de Recolección de Datos

“Ingeniería de Detalle para el Abandono del Depósito de Desmontes Excélsior – Cerro de Pasco”
ACTIVOS MINEROS S.A.C.

GEOMEMBRANAS HDPE

1. Descripción

Estas especificaciones incluyen los requerimientos para ejecutar y completar el trabajo de Ingeniería de Detalle para el Abandono del Depósito de Desmontes Excélsior.

El trabajo incluye, sin limitarse sólo a ello, abastecimiento e instalación de geomembranas.

Una vez que el Contratista de geosintéticos (Instalador) encargado de la impermeabilización empiece a trabajar o empiece a colocar los materiales en un área determinada, se asumirá que éste acepta las condiciones de los aspectos de la Obra previamente completada por el Contratista de movimiento de tierras en esa área. Todo trabajo deberá completarse según el documento del informe de ingeniería, los planos de construcción y estas especificaciones técnicas.

Definiciones

Esta sección proporciona las definiciones y términos utilizados en estas especificaciones y define los deberes y responsabilidades del personal responsable de los trabajos.

Planos As-Built: También referidos como “planos de registro”. Estos planos registran dimensiones, detalles y coordenadas de la instalación luego del término de la construcción.

Revestimiento compuesto: Compuesto formado por un revestimiento sintético en contacto con la superficie del depósito de desmonte.

Diseñador: Firma o su representante, responsable por el diseño y preparación de los planos y especificaciones de construcción del proyecto.

Trabajos de preparación del terreno: Una actividad que implica el uso de suelos o material rocoso del lugar o importado.

Movimiento de tierras: La actividad que involucra el manejo y disposición de suelos naturales, de préstamo y/o material de roca.

Ingeniero: Firma o su representante, responsable de la administración de la Ingeniería y calidad de la construcción del proyecto.

Geotextil: Material de fibra sintética no tejida.

Geomembrana: Lámina delgada impermeable fabricado de polímeros (Polietileno).

Contratista de geosintéticos: También denominado “Instalador”. La unidad responsable por la instalación de geosintéticos en campo. Esta definición es aplicable a cualquiera de las partes que realice trabajos definidos como instalación de geomembrana o geotextil, incluso cuando éstas no sean sus funciones primarias.

3. Tipos de utilización

La presente especificación técnica es válida para las siguientes partidas del presupuesto.

- **Partida 02.02.07** :Suministro y colocación de geomembrana HDPE 1.50 mm en muro de gavión
- **Partida 03.01.05** :Suministro y colocación de geomembrana tejida 1.50 mm (en talud)
- **Partida 03.02.06** :Suministro y colocación de geomembrana 1.00mm (en talud)
- **Partida 04.03.02** :Suministro y colocación de geomembrana 1.50mm
- **Partida 04.04.02** :Suministro y colocación de geomembrana 1.50mm
- **Partida 04.04.03** :Suministro y colocación de geomembrana 1.00mm
- **Partida 04.05.02** :Suministro y colocación de geomembrana 1.50mm
- **Partida 04.06.02** :Suministro y colocación de geomembrana 1.50mm
- **Partida 04.07.02** :Suministro y colocación de geomembrana 1.50mm
- **Partida 04.08.02** :Suministro y colocación de geomembrana 1.50mm

4. Preparación de la superficie para la geomembrana

Las superficies que recibirán los geosintéticos deberán ser suaves y estar libres de rocas, piedras, palos, raíces, objetos agudos, o restos de cualquier tipo que puedan dañar el recubrimiento según lo determine la supervisión. El Contratista removerá todo este material hasta que la Supervisión de su aprobación. Todas las partículas sobresalientes mayores a 25 mm deberán ser removidas y las depresiones mayores a 25 mm deberán ser rellenadas. El Contratista será responsable de evitar que la superficie preparada se reseque regándola suavemente o protegiéndola por otro método. El Contratista será responsable de reparar cualquier grieta producida por resequedad, escaificando el suelo hasta una profundidad por debajo de la grieta y volviendo a compactar el material. El Contratista también será responsable de proteger la superficie de erosión u otro daño que pueda producirse hasta su transferencia al Instalador. Todas las reparaciones serán responsabilidad del Contratista.

La superficie proveerá una cimentación firme y compacta, sin cambios de pendiente abruptos o agudos. El cabezal de la trinchera de anclaje será redondeado para evitar un doblez en ángulo a la geomembrana. No se aceptará aguas estancadas o humedad excesiva. El Instalador certificará por escrito que la superficie donde se instalará la geomembrana es aceptable antes de comenzar las obras. Una vez que el Instalador acepte la superficie, él es responsable de su mantenimiento hasta que la geomembrana sea colocada.

5. Revestimiento de geomembrana

5.1 Generalidades

Todo el suministro e instalación de geosintéticos será realizado por el Instalador.

El revestimiento de HDPE a ser entregado e instalado bajo este contrato deberá ser conforme a los requerimientos indicados aquí y en los planos de diseño. El revestimiento deberá ser fabricado en el máximo ancho y largo posible para minimizar el número de costuras en campo.

El Instalador deberá proporcionar a la Supervisión un certificado de cumplimiento firmado por un representante autorizado del Fabricante en el que se establezca lo siguiente:

- Que el material que será provisto cumple con las propiedades aquí especificadas;
- Que el instalador es aprobado por el Fabricante y cumple con las normas del Fabricante referentes a la calidad de instalación.
- Que toda la geomembrana será fabricada por el Fabricante en sus propias instalaciones y no será comprada a otros fabricantes o proveedores.
- Que toda la resina usada para este proyecto será comprada a un solo proveedor y fabricada por un solo fabricante de resina, y que la elección de ese proveedor y ese fabricante deberá ser comunicada a la Supervisión.
- Que una muestra del material entregado en obra será enviado a un laboratorio GAI LAP tipo "A" para verificar que cumple con las propiedades especificadas.

Estos requerimientos se aplican al Instalador y al Fabricante incluso si no se proporciona tal certificado, a menos que la Supervisión anule estas disposiciones por escrito.

5.2 Las calificaciones del Fabricante

El fabricante de la geomembrana del tipo especificado tendrá por lo menos cinco años de experiencia en la fabricación de la geomembrana especificada. Además, el fabricante de la geomembrana deberá fabricar por lo menos 10 millones de m² del tipo de geomembrana especificado, durante los últimos cinco años.

5.3 Experiencia del Instalador

El Instalador del material de revestimiento deberá haber demostrado anteriormente la capacidad de instalar la geomembrana al haber completado con éxito al menos diez proyectos con una combinación total de por lo menos un (1) millón de metros cuadrados de material de revestimiento similar, bajo las mismas condiciones de terreno y de clima. Se deberá remitir una lista de proyectos completados en los que el material fabricado haya sido usado satisfactoriamente, la cual será aprobada por el Ingeniero.

5.4 Presentación del Informe de Ingeniería

El Instalador es responsable de proporcionar la información de Ingeniería y de los resultados de los ensayos de control de calidad de los materiales de geomembrana antes de su envío. Los resultados de todos los ensayos requeridos serán proporcionados por lo menos siete días antes del envío de los materiales al sitio del proyecto. Los materiales no deberán ser enviados

sin la aprobación previa de la Supervisión. El Instalador proporcionará la siguiente información de ingeniería antes de la construcción:

- Planos con la distribución de los paneles con un detalle apropiado
- Un cronograma de la instalación de los geosintéticos.
- Un manual de instrucción donde incluya el apropiado almacenamiento, manejo, tendido, sellado, ensayos e inspección de la geomembrana. Este manual deberá estar en conformidad con estas especificaciones y cualquier condición de la garantía.

Certificados de control de calidad de la resina usada para la fabricación de la geomembrana.

La información a entregar de la resina deberá incluir fechas de producción y los resultados de los ensayos de control de calidad. Esta información de la resina deberá también incluir una declaración acerca de la “no utilización” de polímeros reciclados. Todas las resinas deberán ser iguales de la misma calidad y tener certificación ISO 9001-2000.

Certificados de control de calidad de la geomembrana fabricada.

La información a entregar de la geomembrana deberá incluir fechas de producción, lote, número de lote y los resultados de los ensayos de control de calidad; El manual de control de calidad del Fabricante o Instalador; y, los certificados ISO 9001-2000 requeridos del material y del fabricante. Para garantizar la calidad de la geomembrana una muestra del material entregado en obra será enviada a un laboratorio GAI LAP tipo “A” para verificar que cumple con las propiedades especificadas.

Si los resultados de los ensayos del material no son proporcionados en un tiempo prudencial ó en un formato que permita su revisión adecuada, el Instalador estará sujeto a penalidades por el tiempo adicional y gastos (más 20%) que haya efectuado como resultado de la falta de cumplimiento de los requerimientos.

Las penalidades también serán establecidas por la revisión de nuevos informes que sean proporcionados si los materiales ó informes originales no cumplieron con lo requerido en las especificaciones.

5.5 Entrega, almacenamiento y manejo de la geomembrana

El Contratista de geosintéticos, será responsable por transportar, descargar y almacenar la geomembrana. Al momento de la entrega, el Contratista de geosintéticos, deberá inspeccionar la geomembrana para verificar que no haya daños antes de descargarlos en lugar de almacenamiento. Si se detectan materiales defectuosos, éstos deberán ser reemplazados por el Fabricante, sin ningún costo adicional para la Entidad Contratante.

El Instalador será responsable de la geomembrana y de cualquier daño ocasionado a la misma, una vez que el material sea entregado en el área de almacenaje. Todos los rollos dañados serán separados del material no dañado. La disposición final de los rollos dañados será determinada por la Supervisión.

El Instalador será responsable por reemplazar cualquier geomembrana considerada inaceptable debido a daños ocasionados en el sitio, sin que esto represente costo alguno para el Contratista de obra.

Laboratorio: Ente establecido y autorizado por la Supervisión para realizar los ensayos de materiales y el trabajo involucrado en el contrato.

Panel: Un área unitaria de la geomembrana o geotextil, la cual será soldada en campo.

Planos y especificaciones de construcción del proyecto: Incluye todos los planos y especificaciones relacionadas con el proyecto, considerando también las modificaciones al diseño y planos de gabinete aprobados.

Documentos del proyecto: Planos de construcción, planos de registro, especificaciones, informes diarios, informe final, todos los resultados de ensayos de laboratorio y de campo, e indicaciones del Contratista Constructor y/o Instalador.

Aseguramiento de calidad (QA): Verificación de las funciones de control de calidad con el propósito de determinar si éstas han sido efectuadas de manera correcta y adecuada.

Ingeniero de QA: Ingeniero administrador principal responsable de la supervisión y/o realización de las tareas de Aseguramiento de la Calidad de la Construcción descritas en las especificaciones. El Ingeniero de QA es responsable además de la supervisión del personal de QA y de todas las tareas asignadas a ellos. La inspección, observación, aprobación u otras acciones del Ingeniero de QA o su representante de ninguna manera limitan las obligaciones y responsabilidades del Contratista o Instalador relacionadas con los requerimientos de estas especificaciones.

Supervisor de QA: Persona responsable de realizar la supervisión y conducción de programas de QA y ensayos en campo.

Control de calidad (QC): Ensayos, observaciones y funciones relacionadas que se lleven a cabo durante la instalación del sistema, con el fin de determinar que este trabajo sea conducido en concordancia con los Planos y Especificaciones aprobados.

Planos de registro: Ver Planos As-Built.

La Obra: Todas las tareas que deberá realizar el Contratista de acuerdo a lo definido en los documentos de la propuesta, los planos de construcción y estas especificaciones.

2. Códigos aplicables

Excepto a menos que se indique de otro modo en estas especificaciones o en los planos de diseño, se deberá aplicar a este trabajo la última edición de los siguientes códigos, normas y métodos de prueba:

- Sociedad Norteamericana de Ensayos y Materiales (ASTM).
- Códigos Peruanos aplicables de salud y seguridad.
- Manual aprobado de control de calidad/instalación de geomembranas del instalador.
- Manual aprobado de control de calidad del Fabricante.
- Instituto de Investigación de Geosintéticos (Geosynthetic Research Institute, GRI)

"Año de la contra la corrupción e impunidad"

Cerro de Pasco, 07 de diciembre del 2019

CARTA N°002-2019 EIA-UNDAC/JLSS

Señor:

Ramiro POLAR CAMDIA
ADMINISTRACIÓN



Presente. -

De mi especial consideración me presento a su despacho para saludarlo a nombre de los estudiantes del Pregrado de la **Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**.

De manera que teniendo a cargo el **curso de mecánica de fluidos** perteneciente al **quinto semestre** solicitamos la una visita técnica al proyecto siendo 17 alumnos, para entender las operaciones en el tema específico del sistema de riego, tendido de las geomembranas y geo sintéticos.

Con el único objetivo de adquirir conocimientos en la gestión de desarrollo del proyecto ambiental PLAN DE CIERRE DE LA DESMONTERA EXCELSIOR de interés Nacional a cargo de su representada en nuestra ciudad de Cerro de Pasco.

La visita se realizaría el día viernes 13 de diciembre a horas 2:30 p.m.

Sin otro en particular, esperando su amable atención le reiteramos sinceros saludos y estima personal.

RICRA PILCO, Rosalinda
Delegada del curso
924993300

Mg. José Luis SOSA SANCHEZ
DOCENTE DE CURSO
929915267

Procedimiento de validación y confiabilidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 apellidos y nombres del informante: ASTO LIÑÁN, Julio Antonio
- 1.2 grado académico: Ingeniero Químico -Maestro en Ingeniería Química
- 1.3 cargo e institución donde labora: Docente de la E.F.P Ingeniería Ambiental
- 1.4 título de la investigación: **INSTALACION DE LA GEOMEMBRANA PARA LA MITIGACIÓN DE CONTAMINANTES EN LOS SUELOS DE LA REVEGETACIÓN AMBIENTAL EXCELSIOR, DEL DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR-PROVINCIA DE PASCO 2019**
- 1.5 autor del instrumento: Alexis Dante MINAYA MORALES
- 1.6 nombre del instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACION



INDICADORES	CRITERIO	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-880%	EXCELENTE 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas					X
OBJETIVIDAD	Cumple su fin de determinar la GPC y percepción ciudadana					X
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad					X
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para poder determinar los aspectos del estudio					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos					X
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto de la tabla					X
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de investigación					X
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

III. PROMEDIO DE VALIDACION: 98%

IV. OPINION DE APLICACIÓN

- El agua que consume la población de San Pedro de Raco no es aceptable en calidad para consumo humano por el alto contenido de material metálico propio de esta zona rocosa mineralizada.

Cerro de Pasco, 25 de marzo del 2021	completar	completar	completar
Lugar y fecha	DNI No. 18203025		CEL. No. 946224026





UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FICHA DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

I. DATOS GENERALES:

- 1.1 apellidos y nombres del informante: PEREZ JUZCAMAYTA EDGAR WALTER
1.2 grado académico: Ingeniero Forestal -Maestro en Ciencias Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible
1.3 cargo e institución donde labora: Docente de la E.F.P Ingeniería Ambiental
1.4 título de la investigación: Instalación de la geomembrana para la mitigación de contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, del distrito de Simón Bolívar - Cerro de Pasco 2019
1.5 autor del instrumento: Alexis Dante MINAYA MORALES
1.6 nombre del instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACION

INDICADORES	CRITERIO	DEFICIENTE 0-20%	REGULAR 21-40%	BUENA 41-60%	MUY BUENA 61-880%	EXCELENTE 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas					X
OBJETIVIDAD	Cumple su fin de determinar la GPC y percepción ciudadana					X
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Comprende a los aspectos de cantidad y calidad					X
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para poder determinar los aspectos del estudio					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos					X
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto de la tabla					X
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de investigación					X
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías					X

III. PROMEDIO DE VALIDACION: 96%

IV. OPINION DE APLICACIÓN

- El agua que consume la población de San Pedro de Raco no es aceptable en calidad para consumo humano por el alto contenido de material metálico propio de esta zona rocosa mineralizada.

Cerro de Pasco, 04 octubre del 2022	completar	completar	completar
Lugar y fecha	DNI No. 19928414		CEL. No. 946224026



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del informante: Ing. Tania Liz, VILLENA MISARI

1.2. Grado académico: Mba. Administración de Negocios

1.3. Cargo e Institución donde labora: Docente Facultad de Ing. Ambiental - UNDAC

1.4. Título de la Investigación:

“Instalación de la geomembrana para la mitigación de contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019”

1.5. Autor del Instrumento: Alexis Dante, MINAYA MORALES

1.6. Nombre del Instrumento:

- Instalación de la geomembrana.

- Mitigación de contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado				✓	
OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable				✓	
ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología				✓	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica				✓	
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad				✓	
INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del sistema metodológico y científico				✓	
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos científicos acordes a la tecnología educativa				✓	
COHERENCIA	Entre los índices, indicadores dimensiones				✓	
METODOLOGIA	Responde al propósito del trabajo bajo los objetivos a lograr				✓	
OPORTUNIDAD	El instrumento es adecuado al tipo de investigación				✓	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN:					78%	

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 78 % Muy buena.....

IV: OPCIÓN DE APLICABILIDAD

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado

() El instrumento deber ser mejorado, antes de ser aplicado

Considerar las recomendaciones y aplicar al trabajo.

Cerro de Pasco Setiembre de 2022

Firma

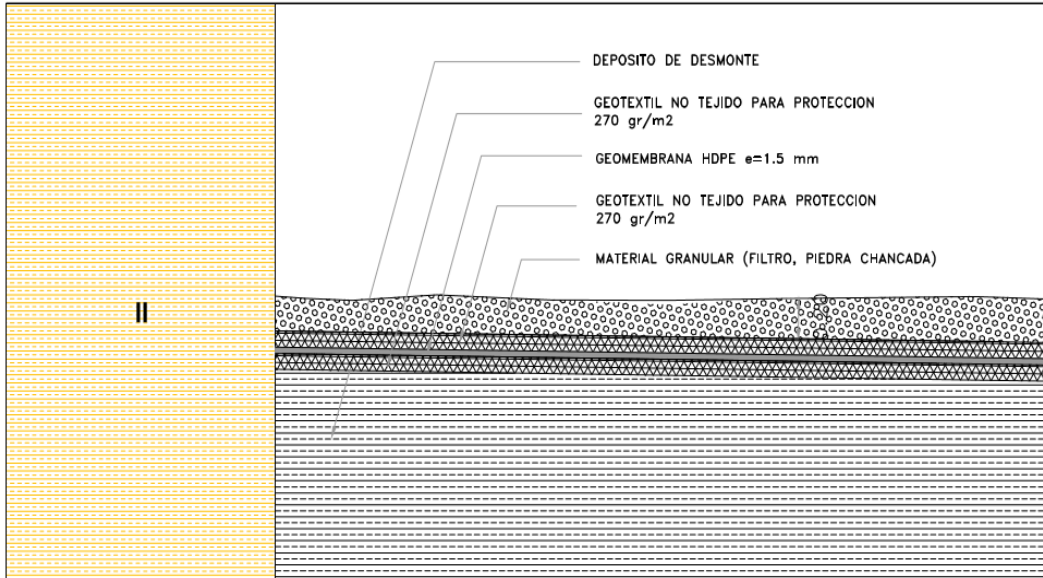
DNI N° 44197414

Teléfono 963931872....

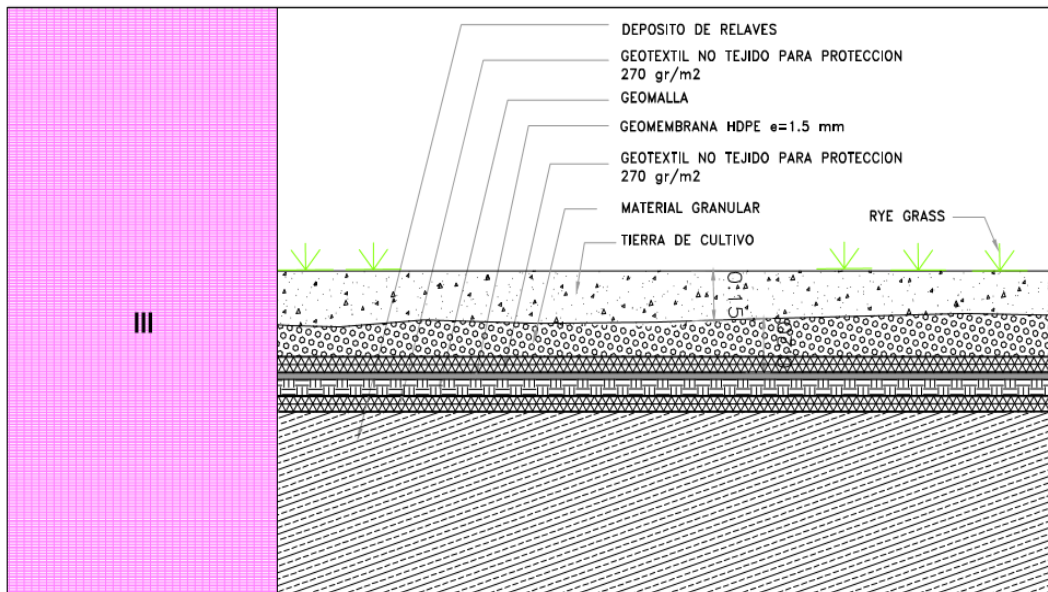
Fotografías Investigación realizada

Planos del proyecto

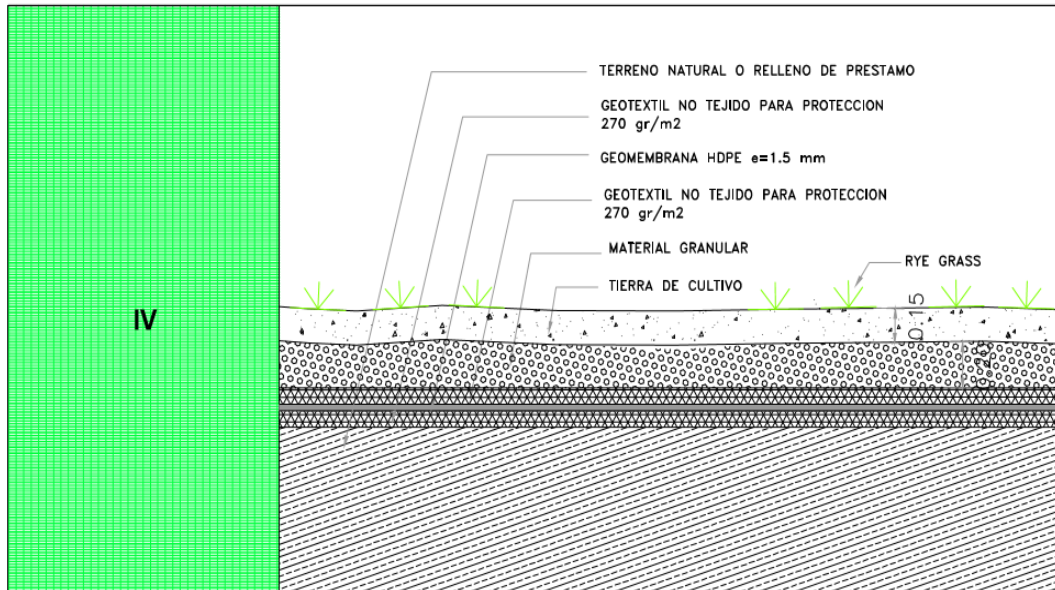
COBERTURA TIPO II EN PLATAFORMA Y BANQUETAS



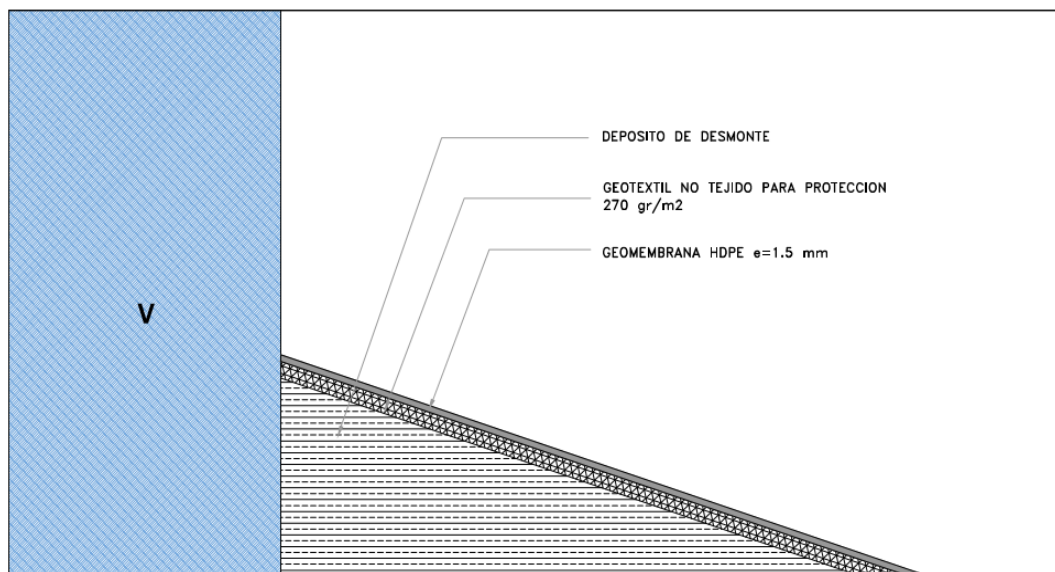
COBERTURA TIPO III EN PIE DE TALUD



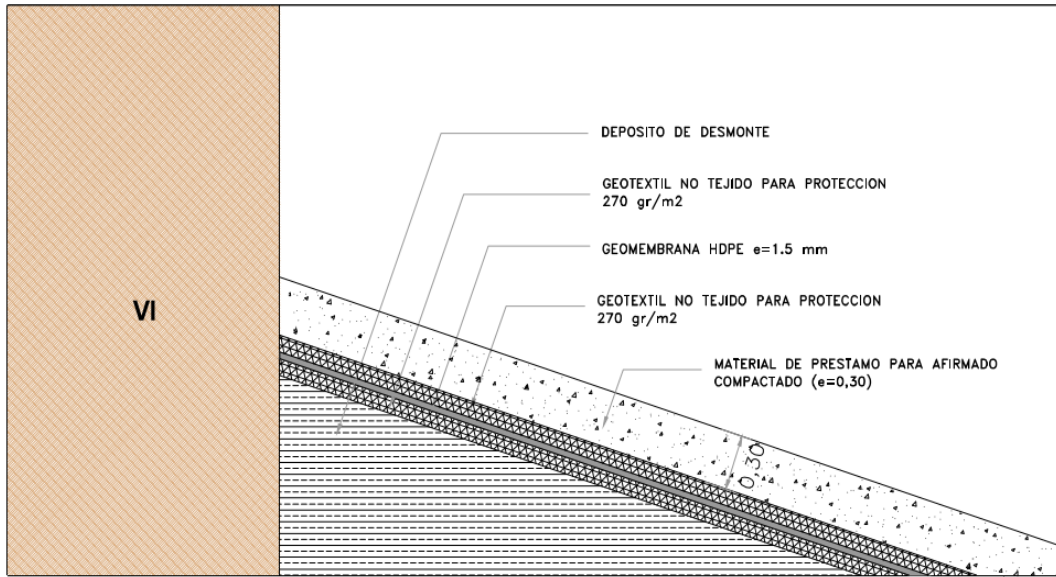
**COBERTURA TIPO IV
EN CONTACTO CON TERRENO NATURAL O RELLENO**



**COBERTURA TIPO V
EN POZAS**



COBERTURA TIPO VI EN ACCESOS



Plano general del proyecto



Matriz De Consistencia

Titulado: “Instalación de la geomembrana para la mitigación de contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019”

PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICOS	OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICOS	VARIABLES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿De qué manera la instalación de la geomembrana mitiga la contaminación en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS: ¿De qué manera resistir a los sulfatos para mitigar de sus efectos contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019?</p> <p>¿De qué manera aislar la variación de la temperatura para mitigar su efecto como contaminante en el suelo de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Determinar la mitigación de la contaminación en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior con la instalación de la geomembrana, Cerro de Pasco 2019.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Obtener la resistencia a los sulfatos para mitigar de sus efectos contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019.</p> <p>Aislar de la variación de la temperatura para mitigar su efecto como contaminante en el suelo de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: Si instalamos la geomembrana entonces mitigaremos la contaminación en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICAS: Si se resiste a los sulfatos entonces mitigaremos de sus efectos contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019.</p> <p>Si aislamos las variaciones de la temperatura entonces mitigaremos su efecto como contaminante en el suelo de la revegetación ambiental Excelsior, Cerro de Pasco 2019.</p>	<p>Variable Independiente Instalación de la geomembrana.</p> <p>Variable dependiente: Mitigación de contaminantes en los suelos de la revegetación ambiental Excelsior.</p>	<p>Técnicas Especificación técnica CSL-131200-3-ET-06</p> <p>Instrumentos Topografía</p>	<p>De acuerdo a la naturaleza de nuestra temática de investigación, nuestro estudio es de tipo descriptivo correlacional.</p> <p>Se emplearán los métodos de análisis de datos topográficos y el Diseño de investigación es de tipo no experimental transeccionales o transversal de tipo correlacional.</p>