

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Civil



IMPERMEABILIZACIÓN DE RESERVORIOS DE AGUA
CON GEOMEMBRANA
DISEÑO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL

DÉBORA KARINA SECLÉN PALACÍN

Lima - Perú

2007

ÍNDICE

RESUMEN	4
RELACIÓN DE CUADROS	5
RELACIÓN DE GRÁFICOS	6
INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO I: GENERALIDADES	
1.1 Definiciones	10
1.2 Marco Teórico	28
CAPITULO II: PROYECTO: IMPERMEABILIZACIÓN DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE	
2.1. Memoria Descriptiva	29
2.1.1. Objeto	29
2.1.2. Generalidades	29
2.1.3. Ubicación del Terreno y Acceso	30
2.1.4. Estudios de Suelos	30
2.1.5. Descripción de los Trabajos	40
2.2. Impermeabilización con Geomembrana	41
2.2.1. Metodología de Diseño	41
2.2.2. Descripción y Ventajas de la Geomembrana HDPE	53
2.2.3. Almacenaje y Manipuleo de la Geomembrana HDPE	55
2.2.4. Instalación de la Geomembrana	56
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77

ANEXOS79

TITULO	NUMERO
ENSAYO DE SUELOS	I
FICHA TÉCNICA DE GEOMEMBRANA HDPE	II
CRONOGRAMA	III
PLANOS	IV
ACTA I - RECEPCIÓN TERRENO	V
FORMULARIOS	VI
BROCHURE DE LA EMPRESA INSTALADORA	VII
MEMORIA GRAFICA	VIII
ACTA II – RECEPCIÓN DE OBRA	IX

RESUMEN

El presente informe, proporciona conocimientos exactos sobre la utilización de la Geomembrana HDPE e = 1.00 mm., su correcta aplicación como nuevo material para obras de construcción civil, a la vez se mostrará un mayor alcance sobre los cálculos del diseño de geomembrana y tener una mejor visión de todos los tipos que existen para sus diferentes aplicaciones, esto en base a los ensayos de laboratorio que servirán para obtener datos del área de la obra a realizar, y poder así obtener un diseño correcto y sustentado técnicamente.

Se da a conocer la definición de la geomembrana, breve reseña de ella, beneficios y virtudes que presenta la geomembrana como impermeabilizante, las características físicas, mecánicas e hidráulicas que tiene este material; así como también las distintas propiedades que presenta para lo cual se anexa la especificación técnica del producto a utilizar, proporcionada por el proveedor.

Las normas que rigen la fabricación de este material, la manera correcta de su instalación según el manual de instalación de geomembrana de HDPE, los tipos de soldadura a utilizar, las máquinas que cada una de ellas utiliza, así como las ventajas y desventajas para saber elegir correctamente el tipo de soldadura a usar en la instalación de la geomembrana, son los puntos que tratan en el presente informe.

RELACIÓN DE CUADROS

TITULO	NUMERO
CAPÍTULO I	
PERMEABILIDAD DE LA GEOMEMBRANA	1.1
PRIMEROS GEOSINTÉTICOS EMPLEADOS	1.2
PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS POR TIPO DE RESINA EN USA	1.3
NORMAS PARA GEOMEMBRANAS	1.4
ESTABILIDAD DIMENSIONAL DE LAS GEOMEMBRANAS	1.5
CAPÍTULO II	
REGISTRO DE ENSAYOS DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON EL PENETRÓMETRO LIGERO – DPL	2.1
CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SUELOS	2.2
PROPIEDADES MECÁNICAS	2.3
DESCRIPCIÓN DE ESTRATOS DE CALICATA C – 1A	2.4
DESCRIPCIÓN DE ESTRATOS DE CALICATA C – 2A	2.5
FACTORES DE ZONA	2.6
ENSAYO DE ÍNDICE DE TENSIÓN	2.7
ENSAYO DE MUESTRA DE TIRA ANCHA	2.8
ENSAYO DE TENSIÓN AXI- SIMÉTRICA	2.9
ANGULO DE FRICCIÓN – SUELO Y GEOMEMBRANA – GEOTEXTIL (ASTM D5325)	2.10
CARACTERÍSTICAS DE LA GEOMEMBRANA HDPE	2.11

RELACIÓN DE GRÁFICOS

TITULO	NUMERO
CAPÍTULO I	
GEOMEMBRANA (HOJA DE POLÍMEROS)	1.1
FABRICACIÓN DE GEOMEMBRANAS	1.2
DIAGRAMA BÁSICO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN	1.3
ANILLOS CONCÉNTRICO PARA EL PROCESO DE SOPLADO	1.4
DIAGRAMA BÁSICO PARA EL PROCESO DE CALANDRADO	1.5
SISTEMA DE CALANDRADO	1.6
TERMOPLÁSTICOS	1.7
CLASIFICACIÓN DE LAS GEOMEMBRANAS	1.8
COMPOSICIÓN DE LA GEOMEMBRANA	1.9
ESPESOR	1.10
DENSIDAD	1.11
RESISTENCIA TENSIL	1.12
RESISTENCIA REVENTADO	1.13
ENVEJECIMIENTO AL HORNO	1.14
CONTENIDO DE HUMO NEGRO	1.15
DISPERSIÓN DE HUMO NEGRO	1.16
RESISTENCIA AL FATIGA O CRAQUEO	1.17
CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA	1.18
CAPÍTULO II	
DIAGRAMA DE ESFUERZOS PARA EL CALCULO DE LA FORMULA DE DISEÑO	2.1
ENSAYO DE ÍNDICE DE TENSIÓN	2.2
ENSAYO DE MUESTRA DE LA TIRA ANCHA	2.3
ENSAYO DE TENSIÓN AXI-SIMÉTRICA	2.4
DEFORMACIÓN POR ASENTAMIENTO	2.5
DIMENSIÓN DE LA LONGITUD DE DESARROLLO Y LA ZANJA DE ANCLAJE	2.6
TRATAMIENTO DE ESQUINAS	2.7
SOLDADURA OPIO TERMOFUSIÓN (CUÑA CALIENTE) EN GEOMEMBRANA DE POLIETILENO	2.8
SOLDADURA POR EXTRUSIÓN EN GEOMEMBRANA DE POLIETILENO	2.9

EXTRUSIÓN POR FILETE	2.10
----------------------	------

INTRODUCCIÓN

El tema del Informe de Suficiencia es el diseño e instalación de la geomembrana como material impermeabilizante en reservorios de agua, siendo en la actualidad uno de los geosintéticos más usados en obras civiles después del geotextil.

En el primer capítulo se desarrolla sobre la teoría de geomembrana, definición de geomembrana, una breve reseña histórica, proceso de fabricación, composición, clasificación y las propiedades que presentan la geomembrana y en general de los geosintéticos.

Los Geosintéticos, son productos que, por lo menos, uno de sus componentes tiene como base un polímero sintético o natural, y se presentan en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usados en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil.

Los geosintéticos se derivan de fibras artificiales, compuestas básicamente de poliedros como polipropileno, poliéster, poliamida y polietileno, siendo los dos primeros los de mayor utilización en la actualidad. La fabricación de los geosintéticos comprende procedimientos principalmente de extrusión, tecnología textil y/o ambas tecnologías: textil y plástica.

Los tipos de geosintéticos más comunes y utilizados en el campo de la ingeniería son: los geotextiles, las geomallas, las geomembranas, las georedes y otros geocompuestos derivados de la unión de las características y cualidades de cada uno de los anteriores.

En la segunda parte del presente informe se da a conocer el proyecto: Impermeabilización de Reservorio de Agua con Geomembrana, la memoria descriptiva del proyecto, ubicación, estudio de suelos y seguidamente entramos al tema del informe Impermeabilización con Geomembrana, donde describimos dos puntos el primero es el diseño con geomembrana los datos que debemos tener de campo, las características del suelo, para luego comenzar a diseñar que tipo de geomembrana debemos usar según los requerimientos ingeniérriles

llegando de una manera rápida a obtener el tipo de geomembrana utilizar, luego se realiza una descripción breve de la geomembrana a utilizar según el diseño las ventajas de utilizar este tipo de geomembrana, la manera correcta de manipular este tipo de material en obra para luego dar de manera clara una descripción en el proceso de instalación en geomembrana HDPE.

Existen varios campos de aplicación de los geosintéticos en el mundo de la construcción y la edificación como son: obras viales, obras hidráulicas, sistemas de control de erosión, aplicaciones medioambientales, entre otras.

Una vez dado los alcances sobre el tema se procede a realizar las recomendaciones y conclusiones del tema del presente informe.

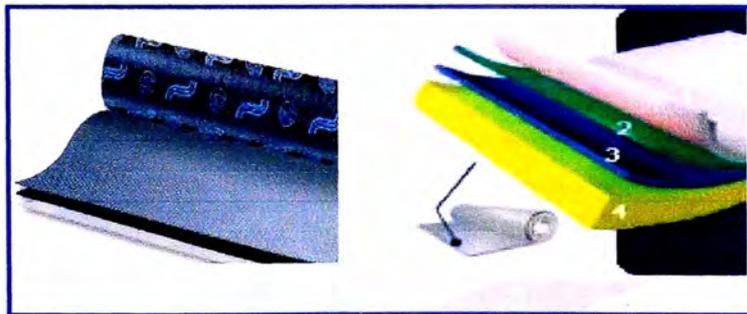
CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 Definiciones

A. Definición de Geomembrana

La geomembrana se define como un recubrimiento, membrana o barrera de muy baja permeabilidad usada con cualquier tipo de material relacionado aplicado a la ingeniería geotécnica para controlar la migración de fluidos. Es confeccionada a partir de láminas u hojas de polímeros.

**GRAFICO N° 1.1
GEOMEMBRANA (HOJAS DE POLÍMEROS)**



Referencia Bibliográfica N° 5

Los valores de permeabilidad de una geomembrana son medidos por el ensayo de transmisión de Vapor de Agua, y están en un rango de 10^{-15} m/s, por esto la geomembrana es considerada ser relativamente impermeable (ver cuadro N° 1.1).

La transmisión de vapor de agua es una medida de cuanto pasará el vapor de agua a través de un material por área de unidad por tiempo de la unidad.

CUADRO Nº 1.1
PERMEABILIDAD DE LA GEOMEMBRANA

TIPO	K 10^{-15} m/s (Permeabilidad)	Kg 10^{-15} m/s (Conductividad Hidráulica)	Tg mm. (Espesores Ensayados)
PVC	4.3 a 170	100 a 120	0.28 a 0.79
HDPE	22 a 110	1.1 a 1.2	0.80 a 2.44

Referencia Bibliográfica Nº 6

Según la Norma ASTM D4439, la geomembrana se define como un revestimiento o barrera sintética de muy baja permeabilidad usada con cualquier tipo de material relacionado y aplicado a la ingeniería geotécnica con el propósito de controlar la migración de fluidos en un proyecto, estructura o sistema construido por el hombre.

Según el Geosynthetics Research Institute (GRI), la geomembrana son materiales de láminas muy delgadas “impermeables” de caucho o material plástico usado en primera instancia para recubrimientos y cubiertas de instalaciones de almacenamiento de sólidos líquidos. De esta manera, la primordial función es siempre como una barrera para el líquido o el vapor. El rango de aplicaciones sin embargo es muy grande y al menos 30 aplicaciones individuales en trabajos de ingeniería civil han sido desarrolladas. Es así que podemos detallar algunas aplicaciones: impermeabilizante en reservorios de agua, pads de lixiviación, tanques de almacenamiento, en suelos donde la napa freática es alta, etc.

B. Reseña Histórica de la Geomembrana

En 1938, Goodyear curó (vía vulcanización) cauchos naturales con azufre, lo cual dió como resultado caucho sintético, que es un polímero termofijado. La industria del caucho fue ampliamente estimulada por el corte de los suministros de caucho natural durante la Segunda Guerra Mundial. Hoy en día, la producción de varios materiales de caucho sintético es una industria importante.

La geomembrana original fue un producto de caucho y se usó como cubierta de estanques de agua potable. Este producto fue caucho de butilo, el cual es un copolímero de isobutileno con butadieno o isopreno, que se obtiene por copolimerización de isobutileno. Es un plástico que puede trabajarse como el caucho natural, pero es difícil de vulcanizar. Aunque no es tan flexible como el caucho natural y otros sintéticos, es muy resistente a la oxidación y a la acción de productos corrosivos. Debido a su baja permeabilidad a los gases, se utiliza en las cámaras interiores de los neumáticos. Es un material altamente durable y muy resistente a la humedad utilizado en la construcción de los bordes de altavoz, y principalmente se usa en la producción de tubos internos debido a su excelente impermeabilidad a los gases y como neumáticos sin cámara; y tiene aproximadamente 2% de isopreno. Es posible realizar muchas combinaciones y variantes de materiales de caucho. Sin embargo desde los 80, la industria se ha desplazado de los polímeros termofijados (formado una red con enlaces cruzados entre las cadenas, un plástico termofijado no puede ser remodelado posteriormente para formar una nueva figura) a los polímeros termoplásticos (se ablandan al calentarse y se endurecen al enfriarse y estos procesos son totalmente reversibles y pueden repetirse. Se fabrican con aplicación simultánea de calor y de presión. Tienen estructuras ramificadas con cadenas flexibles).

Así, la geomembrana que usaremos en nuestro proyecto cae en la categoría de Polímero clasificado como material Termoplástico. Y por su flexibilidad al cambio de temperatura, son fácilmente unidos por calor, extrusión o métodos químicos.

El polietileno comenzó su producción en grandes cantidades en 1943, sus principales usos originales fueron (y continúan siendo) en las industrias del envasado y moldeo. En sus diferentes densidades es el polímero más ampliamente usado en la fabricación de geomembranas. El policloruro de polivinilo (-CH₂ – CHCL-)n es otro elemento de este grupo que se usa en la fabricación de geomembranas. Este producto fue desarrollado en 1939 y tiene amplios usos. El ocupa el segundo lugar en cuanto al uso de polietileno.

Es interesante notar que las geomembranas de polietileno se usaron por primera vez en Europa y fueron llevadas a Norteamérica y otros lugares, mientras que el

poli-cloruro de polivinilo usado para la geomembranas tuvo su origen en Estados Unidos y se llevó luego a otros lugares. En el cuadro N° 1.2 se presenta los primeros geosintéticos utilizados, incluyendo la fecha de invento del mismo y la fecha que empezó a comercializarse.

CUADRO N° 1.2
PRIMEROS GEOSINTÉTICOS EMPLEADOS

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	FECHA INVENTO	FECHA COMERCIAL
PVC	Polímero termoplástico amorfo, dúctil y tenaz, resistente al fuego, no conduce la electricidad.	1913	1934
Poli-amida	Es un tipo de polímero que contiene enlaces de tipo amida. Y se pueden encontrar en la naturaleza, como la lana o la seda, también pueden ser sintéticas, como el nailon o el Kevlar. El nailon se comenzó a emplear como fibra sintética, aunque ha terminado por emplearse en la fabricación de cualquier material plástico.	1930	1940
Poliéster	Polímero termoplástico lineal, con alto grado de cristalinidad. Aprobado para usos de productos que deban estar en contacto con productos alimentarios. Alta resistencia y tenacidad	1930	1949
Poli-etileno			
(Baja Resistencia)	Polímero con cadenas de moléculas menos ligadas. Es un plástico incoloro, inodoro no toxico, más blando y flexible que el de alta densidad.	1949	
(Alta Resistencia)	Polímero obtenido del etileno en cadenas con moléculas bastantes juntas. Es un plástico incoloro, inodoro, no toxico, fuerte, resistente a golpes y productos químicos.	1954	
Polipropileno	Termoplástico amorfo semicristalino muy duro y resistente. Es opaco y con gran resistencia al calor, los golpes, productos corrosivos, álcalis y ácidos	1954	1959-60

Referencia Bibliográfica N° 11

El empleo de las geomembranas ha sido estimulado por regulaciones gubernamentales (USA) dadas en la década de los 80, las geomembranas representa uno de los grupos más grande de los geosintéticos.

El cuadro N° 1.3 presenta el volumen de ventas de los polímeros sintéticos más comunes en los Estados Unidos a lo largo de 1990.

CUADRO N° 1.3
PRODUCCIÓN DE PLÁSTICOS POR TIPO DE RESINA EN U.S.A.

RESINA	AÑO		
	1986	1990	1995
	(en millones de N)		
HDPE	31,960	37,099	49,889
Polipropileno	25,863	36,979	48,460
PVC	32,289	40,481	54,712

Referencia Bibliográfica N° 11

Las geomembranas poliméricas de hoy se hacen de resinas termoplásticas y son fabricadas y distribuidas en el mundo entero, haciendo que todo tipo de productos se encuentren fácilmente disponibles. Sin embargo, lo que más preocupa y constituye el punto central es utilizar el material apropiado para el proyecto particular. Esa es la esencia del concepto de diseño por función.

C. Proceso de Fabricación de la Geomembrana

El proceso de fabricación consiste en la producción de rollos de laminas de espesores que usualmente fluctúan entre los 0.50 mm. (20mil) y 3.00 mm. (120mil) y cuyas dimensiones están comprendidas alrededor de los siete metros de ancho y una longitud tal que el peso del rollo, por motivos prácticos, no exceda de dos toneladas (2 Tn).

La fabricación de las láminas es llevada a cabo por la extrusión (proceso continuo mediante el cual se plastifica, transporta y dosifica la masa de polímero fundido a través de una boquilla o molde donde toma la forma del producto final, en la extrusión el plástico recibe una nueva forma después de haber sido fundido completamente. No es posible reforzarlo) conjunta del polímero puro más una dosis controlada de polímero con contenido de negro humo y aditivos, compuestos por antioxidantes y lubricantes que garantizan una larga duración; incluso en condiciones de exposición a la intemperie.

GRAFICO Nº 1.2 FABRICACIÓN DE GEOMEMBRANAS

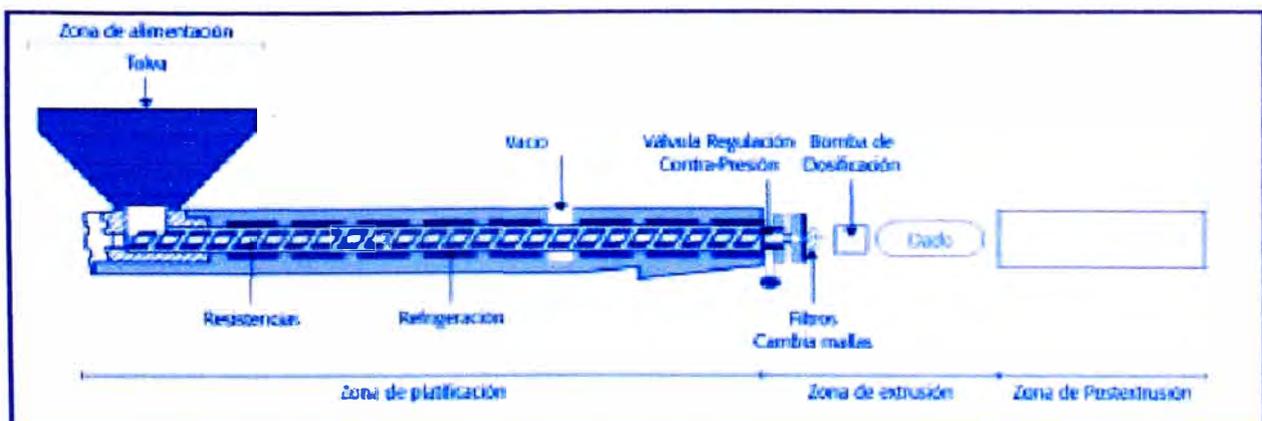


Referencia Bibliográfica Nº 11

Posteriormente, la mezcla pasa por el proceso de laminación, a continuación se menciona los más comunes:

- **Fabricación por Extrusión Plana**, consiste básicamente en el paso forzado de la resina extruída entre dos barras de bordes paralelos, cuya separación da el espesor de la lamina. Ver gráfico Nº 1.3

GRAFICO Nº 1.3 DIAGRAMA BÁSICO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN

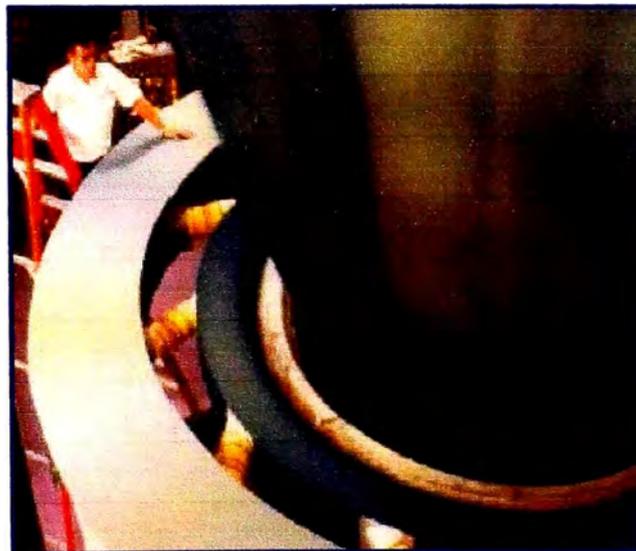


Impermeabilización de Reservorios de Agua con Geomembranas
Diseño e Instalación de Geomembrana
Débora Karina Seclén Palacín

Referencia Bibliográfica N° 11

- **Fabricación por Soplado**, este proceso consiste en la obtención de la lámina por medio de la extrusión de la resina entre las paredes de dos anillos concéntricos. De este modo resulta un manto cilíndrico de polietileno en el cual, el espesor de la lamina es controlado indirectamente, a través del caudal extruido y de la velocidad de enrollado. Esta manta es cortada longitudinalmente, obteniéndose así una lámina plana de ancho igual al perímetro del manto cilíndrico. La lamina básica descrita anteriormente puede ser sometida a proceso posteriores simultáneos a su fabricación para otorgar características especiales a una o ambas superficies de la lamina. Algunos ejemplos son el proceso de texturización de las superficies, con el fin de obtener láminas con un mayor coeficiente de fricción, ver gráfico N° 1.4.

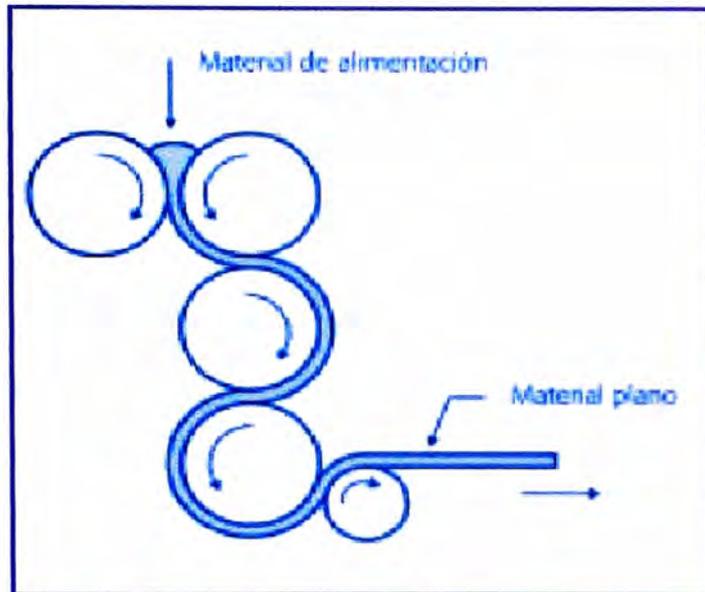
GRAFICO N° 1.4
ANILLOS CONCÉNTRICAS PARA EL PROCESO DE SOPLADO



Referencia Bibliográfica N° 6

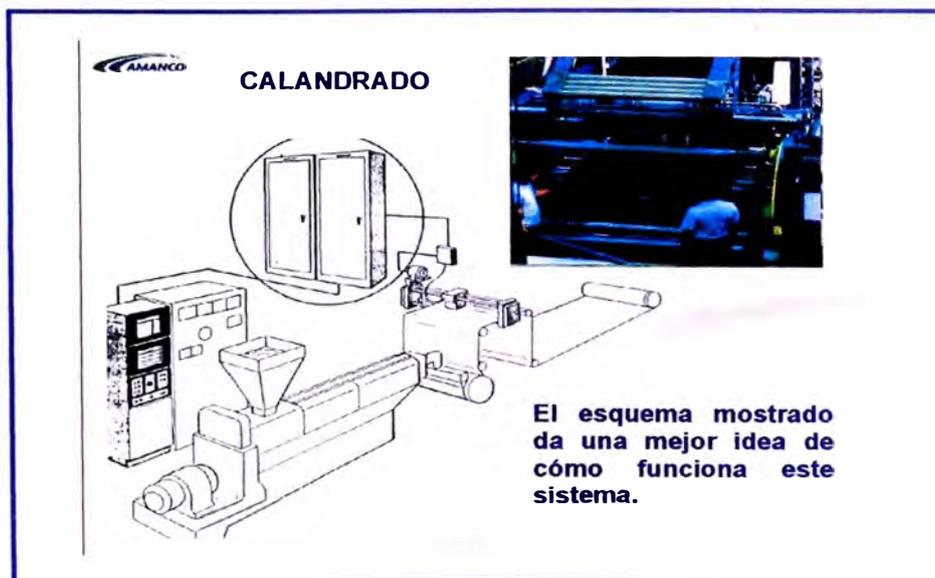
- **Fabricación por calandrado**, este es un proceso de transformación utilizado para producir láminas mediante un sistema de cilindros que comprimen el material pre-plastificado y formulado para llevarlo al espesor deseado y posteriormente ser transportado a otra serie de rodillos para enfriar el producto. ver gráfico N° 1.5-1.6.

GRÁFICO N° 1.5 DIAGRAMA BÁSICO DEL PROCESO DE CALANDRADO



Referencia Bibliográfica N° 11

GRÁFICO N° 1.6 SISTEMA DE CALANDRADO



Referencia Bibliográfica N° 11

D. Clasificación de Geomembrana

Todos los geosintéticos, y particularmente concentrándonos en nuestro interés, las geomembranas consisten completamente de materiales termoplásticos; la cristalización puede existir en los materiales poliméricos pero en grados variables, las porciones alineadas de las cadenas o cadena (dependiendo del geosintético) de polímeros en regiones pequeñas forman patrones cristalinos complejos llamados cristalitas, las regiones no alineadas se denominan amorfas.

La cantidad de cristalinidad varía de 0% - 30% en cloruros de polivinilo (PVC), y de 30% - 65% en polietileno de alta densidad (HDPE), dicha cristalinidad es significativa y en algunos casos crítica en el comportamiento de los geosintéticos, ya que influye directamente en:

- Incremento de la resistencia química
- Decremento de la permeabilidad difusa (o transmisión de vapor)
- Decremento de la elongación
- Incremento de la resistencia al calor

Los patrones de cristalización son muy complejos y continúan siendo investigados por científicos e ingenieros, llegando a establecer hasta ahora dos clasificaciones de geomembranas de acuerdo al grado de cristalización, estas son:

- **Termoplásticos**, que fluyen al calentarlos y se vuelven endurecer al enfriarlos, su estructura molecular presenta pocos (o ninguno) entrecruzamientos. El termino termoplástico esta asociado a: blando, plástico, fluente, fusión, sensibles e inestables.

GRÁFICO N° 1.7 TERMOPLÁSTICOS



Referencia Bibliográfica N° 5

Termoplásticos No Cristalinos (Amorfos), son los que no presentan forma, y sus cadenas no tienen un arreglo espacial constante, aquí encontramos al: Policloruro de Vinilo (PVC), Poliamida (PA) y Acetato Interpolímero Etileno (EIA).

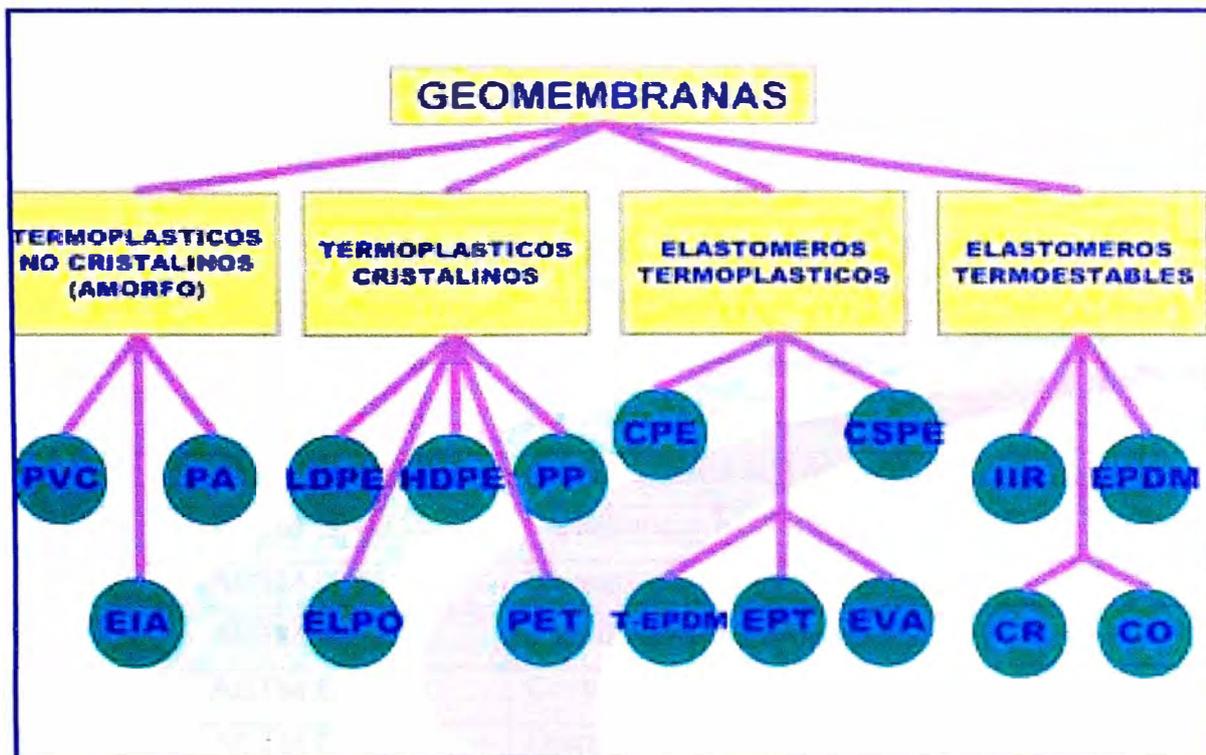
Termoplásticos Cristalinos, son los que presentan una estructura más ordenada, más compacta, mayor rigidez (dificultad en doblarse), mayor tenacidad (cohesión), resistencia mecánica alta, aquí se encuentran el Polietileno de Baja Densidad (VFDPE/LDPE), Polietileno de Alta Densidad (HDPE), Polipropileno (PP), Poliolefina Elastizada (ELPO) y Poliéster Terftalato (PET).

- **Elastómeros**, Son materiales con muy bajo modulo de elasticidad y alta extensibilidad; es decir; se deforman mucho al someterlos a un esfuerzo pero recuperan su forma inicial al eliminar el esfuerzo. En cada ciclo de extensión y contracción los elastómeros absorben energía una propiedad denominada Resilencia y no son reciclables.

Elastómeros Termoplásticos, son los absorbedores de energía, aquí se encuentran: el Polietileno Clorinado (CPE), Polietileno Cloro Sulfonado (CSPE), T-EPIDEM, EPT, Acetato Vinil Etileno (EVA).

Elastómeros Termoestables, se descomponen químicamente al calentarlos, en vez de fluir. Este comportamiento se debe a una estructura con muchos entrecruzamientos que impiden los desplazamientos relativos de las moléculas. Son infusibles, insolubles y de recuperación elástica rápida, aquí se encuentran: el Hule Butilo (IIR), Monómero Dieno Polipropileno Etileno (EPDM), Neopreno (CR) y Epiclorohidrina (CO).

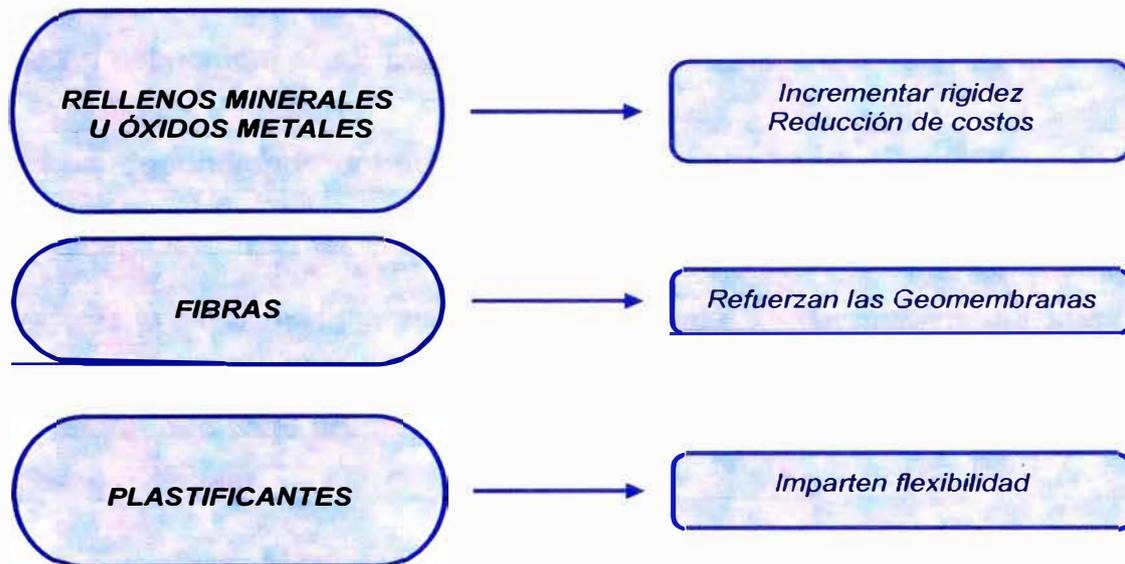
GRÁFICO Nº 1.8
CLASIFICACIÓN DE LA GEOMEMBRANA



Referencia Bibliográfica Nº 5

E. Composición de la Geomembrana

GRÁFICO N° 1.9
COMPOSICIÓN DE LA GEOMEMBRANA



Referencia Bibliográfica N° 5

F. Normas de Geomembranas

En el cuadro N° 1.4 se presenta la relación de las normas que rigen la medición de las propiedades de las geomembranas.

CUADRO N° 1.4
NORMAS PARA GEOMEMBRANAS

NORMAS	PROPIEDADES
ASTM D 5199	Espesor Nominal
ASTM D 1505	Densidad o Gravedad Especifica
ASTM D 6693	Resistencia a la Tracción
ASTM D 1004	Resistencia al Desgarre
ASTM D 4833	Resistencia al Punzonamiento
ASTM D 1204	Estabilidad Dimensional
ASTM D 1603	Contenido de Negro de Humo
ASTM D 5596	Dispersión de Negro de Humo
ASTM D 5397	Resistencia al Agrietamiento
ASTM D 3895	Tiempo de Inducción a la Oxidación
ASTM D 5721 / 3895	Envejecimiento al horno a 90 días
ASTM D 5885	Envejecimiento al horno 1600 hr

Referencia Bibliográfica N° 6

G. Propiedades de la Geomembrana

- **Propiedades Físicas**, referidas a la presentación tales como: espesor, gravedad específica, peso, color, etc.

Espesor, dependiendo del tipo de geomembrana, los dos tipos de espesor que se pueden considerar son: el espesor de una hoja lisa y el espesor del corazón de una hoja texturada, adicionalmente es de interés también considerar el espesor de la altura de la rugosidad de las hojas texturadas. El espesor de una geomembrana es medido a través de micrómetros digitales de precisión haciendo una presión de 20 KPa sobre la muestra, pudiendo ser cuadrada o circular.

Se miden en mil ($0.001 \text{ pulg} = 0.001 \times 2.54 \text{ cm}$) se unen en pliegues de 10 a 15 mils sólo de polietileno permite la fabricación de un solo espesor hasta 100 mils. Normalmente se aceptan espesores mayores de 20 mils y en caso de materiales nocivos este debe ser mayor de 30 mils.

GRÁFICO N° 1.10 COMPOSICIÓN DE LA GEOMEMBRANA

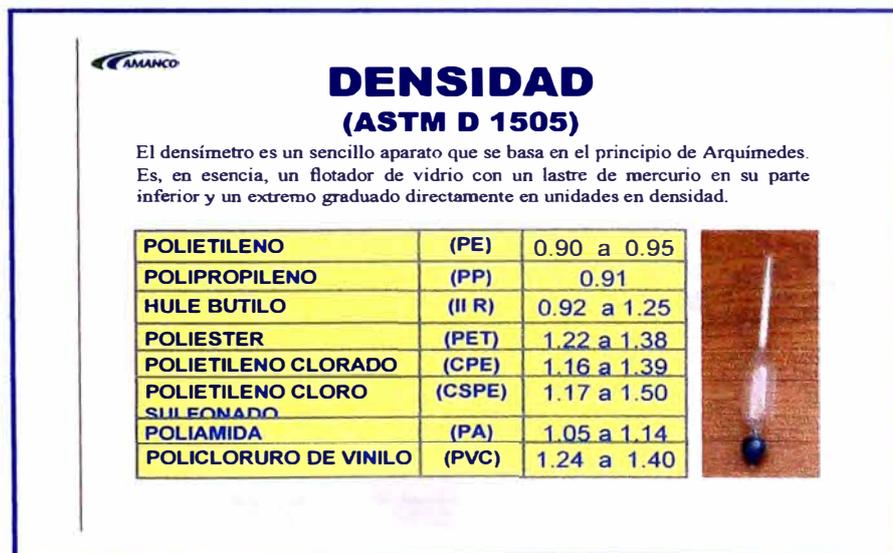


Referencia Bibliográfica N° 6

Gravedad Específica, varía de acuerdo al material de fabricación, pero se estima que varía entre 0.9 a 1.5 por lo que las geomembranas no flotarán en el agua.

Masa por unidad de área (Peso), se expresa en gr/m^2 ($1\text{gr/m}^2 = 0.03 \text{ oz/yd}^2$). El peso de una geomembrana se expresa por unidad de área pesando pequeñas probetas de ensayo circulares o cuadradas de dimensiones conocidas; dicho peso debe ser directamente proporcional a su densidad.

GRÁFICO Nº 1.11 DENSIDAD



Referencia Bibliográfica Nº 6

- **Propiedades Mecánicas**, referidas a las condiciones de supervivencia en la instalación; tales como su resistencia tensil, punzonado, reventado, rasgado, elongación, impacto, etc.

Resistencia a la Tensión de Fluencia, a los diferentes polímeros que son las bases de las geomembranas les corresponden las normas: ASTM D638, ASTM D751, ASTM D882, ASTM D6693 y ISO 527.

GRÁFICO Nº 1.12 RESISTENCIA TENSIL



Referencia Bibliográfica Nº 6

Resistencia a la Tensión a la Ruptura, utilizado para ensayar las propiedades de tensión en las muestras de geomembranas de HDPE.

Resistencia al Reventado, el suelo es una vía de carretera por efecto de las cargas tiende a empujar el geosintético por los vacíos de la capa granular.

GRÁFICO Nº 1.13 RESISTENCIA REVENTADO



Referencia Bibliográfica Nº 6

Envejecimiento al Horno, las propiedades de durabilidad relacionadas con el envejecimiento en sus distintas vertientes: ozono, calor son de gran interés para predecir el comportamiento en obra de un material determinado.

GRÁFICO N° 1.14 ENVEJECIMIENTO AL HORNO



Referencia Bibliográfica N° 6

Contenido de Negro Humo, el negro de humo es un inhibidor de rayos UV, elemento constituido de los geosintéticos que van estar a la intemperie como las geomembranas.

GRÁFICO N° 1.15 CONTENIDO DE NEGRO HUMO



Referencia Bibliográfica N° 6

Dispersión de Negro Humo, las combinación del tamaño de partícula, la estructura y la oxidación de la superficie determinan las características tales como capacidad que colorea, absorción UV, y conductividad, el requisito optimo del dispersor, o DAR (agente de dispersión requerida), debe ser determinad. El objetivo es obtener la viscosidad mas baja de la dispersión y prevenir la floculación.

GRÁFICO N° 1.16
DISPERSIÓN DE NEGRO HUMO



Referencia Bibliográfica N° 6

Estabilidad Dimensional, es una medida del cambio dimensional linear resultando de la exposición a la temperatura. Las láminas de geomembrana tienen un rango de dilatación y contracción, dicho rango esta determinado por la estabilidad dimensional, medido en porcentaje. Cuanto menor es este valor la lámina sufre menos fatiga y mayor es su durabilidad en ambientes de altos gradientes térmicos, ver cuadro N° 1.5

CUADRO N° 1.5
ESTABILIDAD DIMENSIONAL DE LAS GEOMEMBRANAS

TIPOS DE GEOMEMBRANA	ESTABILIDAD DIMENSIONAL (%)
Policloruro de Vinilo (PVC)	5
Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	2
Polipropileno Reforzado (PP)	1

Referencia Bibliográfica N° 6

Resistencia la Fatiga o Craqueo, el ensayo describe la falla acelerada de un material polimérico debido a la acción combinada de exposición ambiental y tensión. A este ensayo se le conoce con el nombre de Tira Doblada, luego las muestras son colocadas en un agente reactivo a temperaturas elevadas.

GRÁFICO N° 1.17

RESISTENCIA A LA FATIGA O CRAQUEO

ASTM D 1693
RESISTENCIA A LA FATIGA O CRAQUEO
(ESCR -
Environmental Stress Cracking Resistance)

El ensayo describe la falla acelerada de un material polimérico debido a la acción combinada de exposición ambiental y tensión.

A este ensayo se le conoce con el nombre de "Tira Doblada".

Luego las muestras son colocadas en un agente reactivo a temperaturas elevadas



Referencia Bibliográfica N° 6

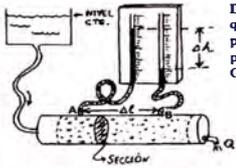
- **Propiedades Hidráulicas**, referidas a la aplicación y su funcionamiento a lo largo de su vida útil; tales como la permeabilidad o conductividad hidráulica.

Conductividad Hidráulica, la transmisión del vapor de agua es una medida de cuanto pasará el vapor de agua a través de un material por área de unidad por tiempo de unidad. En geomembranas se deduce la permeabilidad mediante el ensayo de transmisión de Vapor de Agua.

GRÁFICO N° 1.18

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA



Darcy encontró que el caudal que atraviesa el permeámetro era linealmente proporcional a la sección y al Gradiente Hidráulico.

$$Q = cte. \times Sección \times \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

Permeámetro de carga etc.

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA

Darcy encontró que utilizando otra arena y jugando con todas las variables, se volvía a cumplir la ecuación anterior, pero la constante de proporcionalidad final era distinta.

Concluyó por tanto que esa constante era propia y característica de cada arena y la llamó **Permeabilidad (K)**

$q = Q / Sección$

$q = -K \left(\frac{dh}{dl} \right)$

K = Conductibilidad Hidráulica (mejor que permeabilidad)

(dh/dl) = Gradiente Hidráulico

Referencia Bibliográfica N° 6

1.2 Marco Teórico

La correcta instalación de la Geomembrana HDPE depende básicamente de contar con la información completa a fin de obtener un correcto diseño y seguir procesos constructivos adecuados basándonos en normas y estándares dados por los organismos internacionales.

Es necesario utilizar equipos estandarizados y debidamente calibrados para la instalación de la geomembrana y seguir la metodología establecida para el proceso de instalación, garantizando de esta forma una óptima impermeabilización.

CAPITULO II

PROYECTO: IMPERMEABILIZACIÓN DE RESERVIORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE

2.1 Memoria Descriptiva

2.1.1 Objeto

El objeto de la Memoria Descriptiva es dar las pautas generales y los compromisos que se seguirán durante la ejecución del Proyecto para la Impermeabilización del Reservoirio, en cuanto a calidades, procedimientos y acabados durante su ejecución; como complemento de los planos, especificaciones técnicas y metrados; que constituyen el expediente técnico. Las descripciones de las partidas son referenciales y no limitativas siendo el objetivo principal la ejecución de las mismas bajo Normas, Estándares de Ingeniería Aplicables, Reglamento Nacional de Edificaciones, reglamentos y procedimientos constructivos; tanto para la ejecución como para el control de calidad.

2.1.2 Generalidades

Proyecto: Impermeabilización de Reservoirio de Agua con Geomembrana

Ubicación: Universidad Nacional de Ingeniería

Inicio de trabajos: 24 de Febrero de 2007

Plazo de Obra: 60 días útiles.

Propietario: Universidad Nacional de Ingeniería

Supervisión: Bach. Héctor Bossio Cruzado.

Contratista: Grupo N° 9.

Descripción de Geomembrana de HDPE $e = 1.00$ mm

Insumos Empleados: Geotextil No Tejido de Amortiguamiento

2.1.3 Ubicación del Terreno y Acceso

El área donde se desarrollarán los trabajos de impermeabilización del reservorio se encuentra ubicado en terreno propiedad de la Universidad Nacional de Ingeniería, específicamente en la zona baja del Cerro Arrastre (cota 99.00 msnm); y en la parte posterior del Centro Educativo Inicial “**Los Ingenieritos**”.

Se dispone de una vía de acceso asfaltada desde el ingreso a la Universidad Nacional de Ingeniería hasta la parte frontal del nido “Los Ingenieritos”, y hacia la parte lateral del nido la vía de acceso, está conformada por una superficie de rodadura de afirmado compactado y permite el tránsito de equipos livianos y pesados que transporten materiales para la ejecución del Proyecto (ver plano P-02).

2.1.4 Estudio de Suelos

A. INTRODUCCIÓN

Alcance del estudio

Los resultados e investigaciones de campo y laboratorio, así como el análisis, conclusiones y recomendaciones del presente estudio de mecánica de suelos, sólo se aplicarán al área de estudio y construcciones comprendidas en el mismo. No podrán emplearse en otros terrenos o para otro tipo de construcción. La información es válida solamente para el área y tipo de obra indicadas en este informe.

B. INFORMACIÓN SOBRE EL ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación y acceso

El área donde se desarrollarán los trabajos de impermeabilización del reservorio se encuentra ubicado en terreno propiedad de la Universidad Nacional de Ingeniería, específicamente en la zona baja del Cerro Arrastre (cota 99.00 msnm); y en la parte posterior del Centro Educativo Inicial “**Los Ingenieritos**”.

Se dispone de una vía de acceso asfaltada desde el ingreso a la Universidad Nacional de Ingeniería hasta la parte frontal del C.E.I. "Los Ingenieritos", y hacia la parte lateral del nido la vía de acceso, está conformada por una superficie de rodadura de afirmado compactado y permite el tránsito de equipos livianos y pesados que transporten materiales para la ejecución del Proyecto.

Topografía

El área de estudio tiene una extensión superficial de 80.00 m², aproximadamente, tiene forma geométrica rectangular y superficie con ligera pendiente ascendente (2% aproximadamente) en dirección este. Actualmente es un terreno donde eventualmente los alumnos de la universidad realizan sus levantamientos topográficos como parte de las asignaturas de la curricula de la Facultad de Ingeniería Civil.

Geología y Geomorfología

En la zona de estudio, están constituidos por rocas sedimentarias superficialmente bastante meteorizadas y fracturadas y las zonas planas por depósitos inconsolidados. En el estudio se analiza el tipo de rocas, sean estos de tipo sedimentaria o de depósitos recientes. En el caso último son de tres tipos: Depósitos aluviales, depósitos eólicos y coluviales/aluviales. Geomorfológicamente la zona en estudio forma parte del flanco andino occidental de Perú.

Clima y piso ecológico

El área de estudio se ubica sobre los 5 m.s.n.m., en la región Costa y en la ecorregión Desierto del Pacífico. Su clima es desértico templado y húmedo, con lloviznas bajas entre abril y diciembre, y sol intenso entre enero y marzo. La temperatura anual promedio es de 18° C a 19° C.

Usos anteriores

El área de estudio es una zona libre, por tanto solo se ha usado anteriormente con fines de levantamientos topográficos. Eventualmente circulan por allí peatones entre alumnos del C.E.I. Ingenieritos y alumnos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Tipo de estructura y taludes proyectados

Las inclinaciones más adecuadas de los taludes de un reservoirio, depende dependen de varios factores, siendo los principales la función del reservoirio, las capacidad de almacenamiento que debe tener, las condiciones del subsuelo y el costo que implicaría comparado con el costo de la estructura. Debido a las relaciones existentes entre estos factores, usualmente pueden obtenerse varias inclinaciones aceptables para cada tipo de reservoirio.

Es así que, habiéndose reconocido el tipo de suelo en el área de estudio y dado el tipo de estructura a emplazar, la inclinación más apropiada de los taludes para este proyecto será de 1H:2V, y se impermeabilizará los taludes del reservoirio con una geomembrana HDPE de 1mm de espesor, la misma que será protegida esta con un geotextil no tejido de amortiguamiento Clase 2.

El análisis de las condiciones del reservoirio y los recubrimientos y protecciones adecuadas deberá aportar criterios técnicos que sustenten esta decisión.

C. EXPLORACIÓN DEL SUELO

Programa de exploración

La evaluación de la calidad de las condiciones del subsuelo en un lugar es mucho más difícil y tiene un margen de incertidumbre mucho mayor que comprobar las propiedades de los otros materiales de construcción, como el concreto, acero, etc. Debido a que la naturaleza rara vez nos garantiza la calidad del lugar; es necesario preparar un programa de exploración del suelo que nos permita conocer las condiciones más importantes del subsuelo y definir la variabilidad tanto como sea práctico.

La ejecución del programa de exploración (se detalla en los ítems 3.2 y 3.3) nos ha permitido determinar las propiedades significativas de los materiales del suelo en el área de estudio y sustituir el complejo suelo real por un suelo idealizado consistente en estratos homogéneos con límites simples.

Sin embargo, habiéndose generalizado la información obtenida en tres sondeos, y considerando que el suelo de la zona está conformado por materiales de relleno (gravas angulares, redondeadas, arenas, finos y basuras), por tanto si durante la construcción del tanque el contratista llegara a detectar materiales diferentes respecto de lo establecido en el perfil del suelo, deberá notificar al consultor geotécnico con el fin de recoger dicha información y complementar el programa de exploración ejecutado.

Programa de trabajos de campo

Los trabajos de campo se programaron de la siguiente manera:

- Exploración del suelo mediante calicata.
- Obtención de muestras alteradas de suelos para ensayos de caracterización física.
- Ensayos de densidad de campo para determinar pesos volumétricos secos y naturales.
- Ensayos de auscultación dinámica con el penetrómetro dinámico ligero-DPL.

Excavación de calicata

Mediante la excavación de una calicata, o excavación “a cielo abierto”, se exploró el suelo del área de estudio hasta 3,00 m de profundidad (Ver plano P-04- Anexo IV).

Toma de muestras

En cada calicata se tomó muestras alteradas de cada estrato y se hizo una descripción y clasificación manual del material encontrado.

Densidad de campo

Se realizó tres ensayos de densidad de campo, uno en la calicata C-1 a 3.00m de profundidad, otro en la calicata C-1A a 2,00 m de profundidad y otro en la calicata C-2A a 2.00m de profundidad.

Auscultación dinámica

También se realizó dos ensayos de auscultación dinámica con el penetrómetro dinámico ligero-DPL, en puntos próximos a las calicatas C-1A y C-2A. Este ensayo consiste en hincar en el terreno una varilla tubular de 2.2 cm de diámetro exterior, provista en su parte inferior de una punta cónica de 3.5 cm de diámetro exterior y 90° de ángulo de cono. La hincada se efectúa manualmente empleando una maza de 12 Kg de peso y una altura de caída de 60 cm, registrándose el número de golpes requeridos por cada 10 cm de penetración. Los resultados se muestran en registros continuos del número de golpes. Ver Cuadro N° 2.1.

CUADRO N° 2.1
REGISTRO DE ENSAYOS DE AUSCULTACIÓN
DINÁMICA CON EL PENETRÓMETRO LIGERO – DPL

Calicata C – 1A		Calicata C – 2A	
Profundidad (m)	N° de golpes	Profundidad (m)	N° de golpes
0.10	4	0.10	4
0.20	5	0.20	14
0.30	6	0.30	14
0.40	3	0.40	11
0.50	32	0.50	11
0.60	50	0.60	8
0.70	35	0.70	5
0.80	18	0.80	5
0.90	17	0.90	15
1.00	17	1.00	7
1.10	14	1.10	17
1.20	13	1.20	20
1.30	8	1.30	24
1.40	12	1.40	21
1.50	23	1.50	30
1.60	14	1.60	14
1.70	13	1.70	11
1.80	16	1.80	10
1.90	14	1.90	11
2.00	16	2.00	30
2.10	20	2.10	35
2.20	20	2.20	
2.30	26	2.30	
2.40	29	2.40	

Programa de ensayos de laboratorio

Durante los trabajos de campo, luego de obtenidas las muestras de suelos, se seleccionó muestras alteradas de material conformado por partículas de tamaño menor de 3". Entonces, se programó los siguientes ensayos de laboratorio:

- Ensayo de análisis granulométrico por tamices. Norma ASTM D-422
- Ensayo de límite líquido. Norma ASTM D-423
- Ensayo de límite plástico. Norma ASTM D-424
- Ensayo de contenido de humedad. ASTM D 2216 y ASTM D 4643
- Ensayo de Corte Directo ASTM 3080.
- Ensayo de Densidad ASTM D-4254.

Resultados de ensayos de campo y laboratorio

Caracterización física de suelos

Se ha clasificado en el laboratorio los suelos de tamaño menor de 3", de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Ver Cuadro N° 2.2.

Peso volumétrico

De acuerdo con los ensayos de densidad de campo realizados nos permite definir un peso volumétrico natural de 20 kN/m³ (2000 kg/m³).

Auscultación dinámica

Con el equipo DPL se ha obtenido un número de golpes cada 10 cm (Cp), el mismo que se correlaciona con el N del SPT según la relación $N=1,06 Cp$. (Martínez Vargas A., 2001). Para el estrato de cimentación se ha obtenido $N=17$, por tanto se puede correlacionar un valor de $\Phi=32^\circ$ para estimar la capacidad portante del suelo.

**CUADRO N° 2.2
 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE SUELOS**

CALICATA	C – 1	C – 1A	C – 2A
Muestra/ Prof. (m.)	M-1 (3.00)	M – 2 (1.50)	M – 2 (2.00)
Ret. N° 4 (%)	67.30	75.03	74.87
Pasa N° 200 (%)	9.70	21.51	1.10
L.L.	23.3	22.42	20.27
I.P.	4.8	6.80	3.11
Contenido de humedad (%)	16.53	4.70	2.42
SUCS	GP-GC	GP-GC	GP-GC

Propiedades mecánicas

Del ensayo de corte directo, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales son presentados en el cuadro N° 2.3:

**CUADRO N° 2.3
 PROPIEDADES MECÁNICAS**

Propiedad Mecánica	C – 1 M1	C – 1A M3
Angulo de fricción ϕ	33.9°	21.7°
Cohesión (kg/cm ²)	0.09	0.053

Perfil del suelo

Considerando las observaciones de campo y los resultados de ensayos de caracterización física, a continuación se presentan los cuadros N° 2.4 y 2.5 donde se describe el suelo por estratos identificados.

CUADRO N° 2.4

DESCRIPCIÓN DE ESTRATOS DE CALICATA C – 1A

Profundidad (m.)	Descripción
0.00 – 1.20	Suelo de relleno conformado por gravas redondeadas angulares, suelos finos y basuras (restos de ladrillos),
1.20 – 1.50	Voleos de gravas (20-25%) angulares y redondeadas, presenta oquedades.
1.50 – 2.00	Arena limosa, de color beige, presencia de humedad.

CUADRO N° 2.5

DESCRIPCIÓN DE ESTRATOS DE CALICATA C – 2A

Profundidad (m.)	Descripción
0.00 – 0.90	Material gravoso angulares y redondeados, presencia de materia orgánica (raíces) y desechos (vidrios, entre otros), suelo suelto y seco.
0.90 – 2.00	Suelo limo arenoso semicompacto, piedras angulares de color marrón amarillento.

Hasta la profundidad de exploración no se ha encontrado la napa freática.

D. ANÁLISIS DE LAS ESTABILIDAD DE TALUDES Y CAPACIDAD DE CARGA

Para el análisis de estabilidad de taludes del reservoirio y diseño de los geosintéticos de impermeabilización y amortiguamiento a utilizar, se ha considerado utilizar conservadoramente los siguientes parámetros de resistencia:

- Peso volumétrico natural : 19 kN/m³ (1.90 g/cm³)
- Cohesión, (c) : 0.01 Kg/cm²
- Angulo de fricción interna : 32°

Capacidad de carga

Referente al análisis de capacidad de soporte de carga del suelo de fundación, se analiza dicha capacidad para la presión generada por el almacenamiento del agua en el reservoirio.

C		1.00	kN/m ²
γ ₁	=	19.00	kN/m ³
γ ₂	=	9.80	kN/m ³
B	=	2.00	m
D _f		0.00	m
H	=	0.80	m

Capacidad de Carga admisible del suelo de fundación:

$$q_{\text{admisible}} = C N_C + \gamma_2^* D_f^* N_q + 0.5 \gamma_1 B N_\gamma \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Reemplazando los coeficientes adimensionales para $\Phi = 32^\circ$

$$N_c = 45$$

$$N_q = 30$$

$$N_\gamma = 30$$

$$q_{\text{admisible}} = 615 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{admisible}} = 6.28 \text{ Kg/cm}^2$$

La capacidad portante generada por el almacenamiento del agua:

$$\begin{aligned}q_{\text{portante}} &= \gamma_2 * H \\q_{\text{portante}} &= 7.84 \text{ kN/m}^2 \\q_{\text{portante}} &= 0.08 \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}$$

El factor de seguridad entre la capacidad admisible del suelo y la capacidad portante es muy aceptable $FS = 78$

Zonificación sísmica y efectos de sismo

Parámetros sísmicos

La Norma Técnica de Edificación E.030 zonifica sísmicamente el territorio nacional en tres zonas. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica. El área de estudio corresponde a la zona sísmica 3 (ver plano P-05 – Anexo IV).

Para efectos del diseño sismorresistente de la estructura proyectada se adoptará el perfil de suelo S_3 (suelo flexible), establecido por la Norma Técnica de Edificación E.030, perfil idealizado que más se aproxima a las condiciones reales del suelo en el área de estudio. Los factores de zonificación y geotécnicos a considerar son:

- Z Factor de zona, para la Zona 3 le corresponde el valor de 0,4 a cada zona se le asigna un factor Z según La Norma Técnica de Edificación E.030, ver Cuadro Nº 2.6. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.
- S Factor de suelo; para perfil de suelo S_2 corresponde el valor 1,2

T_p : Período que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo; para perfil de suelo S_2 corresponde un período de 0,6 segundos.

CUADRO N° 2.6
FACTORES DE ZONA

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
3	0,4
2	0,3
1	0,15

2.1.5 Descripción de los Trabajos

Se construirá un reservoirio; el cual servirá para almacenar agua que servirá para controlar la erosión del terreno; con las siguientes características geométricas, una corona 6.0 x 8.0m, una base de 4.00 x 2.00 m, una profundidad neta de 1.0 m y con un talud de 2:H 1:V.

El reservoirio considera una impermeabilización con geomembrana del tipo HDPE de 1.0 mm obtenida según diseño, para evitar la percolación de las aguas que contiene, además dadas las características del suelo (presenta partículas angulosas y punzocortantes) se instalará un geotextil No Tejido, para la protección de la geomembrana.

Debe considerarse las diferentes etapas de ejecución como son: Ensayos de Laboratorio, Trabajos Preliminares; comprende la movilización y desmovilización de equipos y herramientas; trazo, nivelación y replanteo del terreno; Trabajos Civiles: Movimiento de Tierras, que incluye excavación a máquina; refine y compactación a nivel del terreno; y eliminación de material excedente de la excavación; Instalación del Geosintéticos de Amortiguamiento: comprende la

instalación de geotextil no tejido, Impermeabilización de Reservoirio: instalación de geomembrana HDPE de $e = 1.0\text{mm}$.

El presente informe de suficiencia, trata del Diseño e Instalación de Geomembrana, para ello primero calcularemos el diseño del tipo de geomembrana a utilizar y posteriormente el proceso de instalación de la misma.

2.2 Impermeabilización con Geomembrana

2.2.1 Metodología de Diseño

Desde la aparición de los geosintéticos como nuevos materiales a emplear en la ingeniería, se han desarrollado distintas metodologías de diseño la cuales pueden clasificarse en cuatro:

- **Diseño por Costos y Disponibilidad**, esta basado en el costo y disponibilidad es simplista. Se toman los fondos o recursos disponibles, redividen por el área que necesita recubrirse y se calcula un máximo de geomembrana admisible según su precio unitario. La geomembrana con las mejores propiedades es seleccionada dentro de un precio límite. Este método utilizado en los años setenta es obviamente débil técnicamente y no debe seguirse Por su alto riesgo en la operación de las obras y su desconocimiento a las normativas y requerimientos de cada geomembrana.
- **Diseño por Experiencia o Método Empírico**, basado exclusivamente en la experiencia, requiere un gran número de datos experimentales representativos previos. Este método no es recomendable y su uso es muy delicado ya que es poco preciso, y desconoce el desarrollo tecnológico de los geosintéticos.
- **Diseño por Especificaciones**, en la actualidad cada fabricante obtiene el valor de las propiedades de su producto, utilizando las normativas que rigen el país donde este ubicado; esto obviamente puede generar un gran numero de criterios que hacen imposible el realizar la comparación entre productos

de uno u otro país. Por lo anterior, dos organismos la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el comité Task Force # 25, el cual lo conforman la AASHTO, la American Building Contractors (ABC) y la American Road Builders and Transportation Association (ARBTA) están tratando de unificar todas las propiedades de estos materiales. En resumen, el método de diseño de especificación debe ser comparado bajo un mismo criterio.

- **Diseño por Función**, consiste en evaluar la función principal para la cual se especifica la geomembrana y basándose en ello, calcular los valores numéricos de la propiedad requerida. De esta forma se realiza una elección de la geomembrana atendiendo aspectos cualitativos y cuantitativos. En algunos casos se requieren cumplir varias funciones alternativamente por lo tanto la selección del geosintético a emplear será más segura si este puede desarrollar las funciones simultáneamente. Este método es el más utilizado actualmente, lo que conllevará a identificar la función principal del geosintético utilizar. Y se apoya en un factor de seguridad que vendrá ser el valor admisible entre el valor requerido y deberá ser mayor que uno (1) dándonos así la seguridad que necesitamos.

Por todo lo expuesto anteriormente el método a utilizar para nuestro diseño será el **Diseño por Función**.

A. Diseño del Tipo y Espesor de Geomembrana

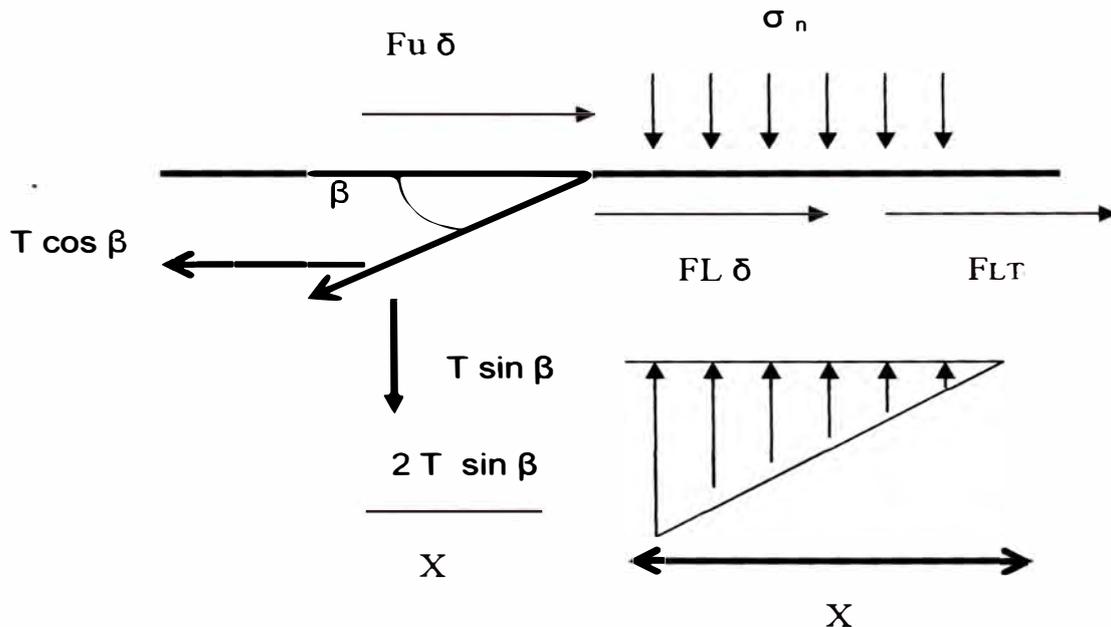
El tipo de geomembrana a utilizar es la HDPE (Polietileno de Alta Densidad), por tener mayor resistencia a los rayos UV.

- **Diseño del Espesor**, el espesor necesario de una geomembrana dependerá del polímero con que este fabricada dicha geomembrana debido a los comportamientos tan distintos a la fluencia de cada uno de los materiales.

Para el cálculo de dicho espesor se realiza un equilibrio límite teniendo la posible deformación en la geomembrana, de donde se obtiene:

GRÁFICO Nº 2.1

DIAGRAMA DE ESFUERZO PARA CALCULO DE FORMULA DE DISEÑO



Referencia Bibliográfica Nº 11

$F_u \delta$: Fuerza de fricción debajo de la geomembrana al componente vertical de T admisible

$FL \delta$: Fuerza de fricción sobre la geomembrana debido al suelo de cubierta (para líquido agua es nulo)

FLT : Fuerza de fricción debajo de la geomembrana al componente vertical de T admisible

$$\sum F_x = 0$$

$$T \cos \beta = F_u \delta + FL \delta + FLT$$

$$T \cos \beta = \sigma_n \tan \delta_U(x) + \sigma_n \tan \delta_L(x) + 0.5 (2 T \sin \beta / x) \tan \delta_L$$

$$t = \frac{\sigma_n \times (\tan \delta_U + \tan \delta_L)}{\sigma_{adm} (\cos \beta - \sin \beta \cdot \tan \delta_L)} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$T = \sigma_{adm} \times t \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

β : Ángulo que forma el movimiento de la geomembrana a tensión con la horizontal.

δ_U : Ángulo de fricción entre la geomembrana y el material en la parte superior (ASTM D5321).

δ_L : Ángulo de fricción entre la geomembrana y el material en la parte inferior (ASTM D5321).

σ_n : Esfuerzo aplicado por el material que se encuentra encima de la geomembrana.

X : Distancia de movilización de la deformación de la geomembrana.

σ_{adm} : Esfuerzo admisible de la geomembrana

σ_n = Esfuerzo aplicado por el material que se encuentra encima de la geomembrana.

$$\begin{aligned} \sigma_n &= \gamma_{\text{agua}} (\text{Kg} / \text{m}^3) \cdot H (\text{m}) & (\text{Ec. 2.4}) \\ \gamma_{\text{agua}} &= 1,000 \text{ Kg} / \text{m}^3 \\ H &= 0.80 \text{ m.} \end{aligned}$$

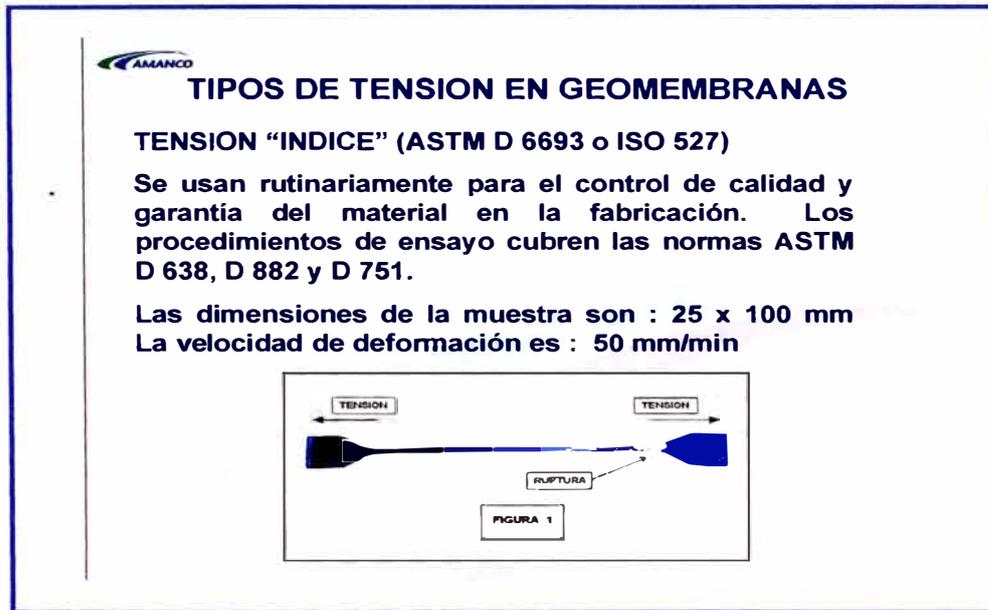
$$\begin{aligned} \sigma_n &= 1,000 \text{ Kg} / \text{m}^3 \times 0.80 \text{ m} = 800 \text{ Kg} / \text{m}^2 \\ \sigma_n &= 800 \text{ Kg} / \text{m}^2 \times 9.81 \text{ N} / \text{Kg} = 7,848 \text{ N} / \text{m}^2 \\ \sigma_n &= \mathbf{7.848 \text{ K Pa.}} \end{aligned}$$

σ_{adm} = Esfuerzo admisible de la geomembrana.

El esfuerzo admisible, es la capacidad que tiene la geomembrana de resistir la Tensión (Tensión Máxima). Su valor es extraído de tablas de resistencia a la

tensión: Índice, Tira Ancha y asimétrica. Se muestran en los cuadros Nº 2.7-2.8-2.9.

GRAFICO Nº 2.2 ENSAYOS DE ÍNDICE DE TENSIÓN

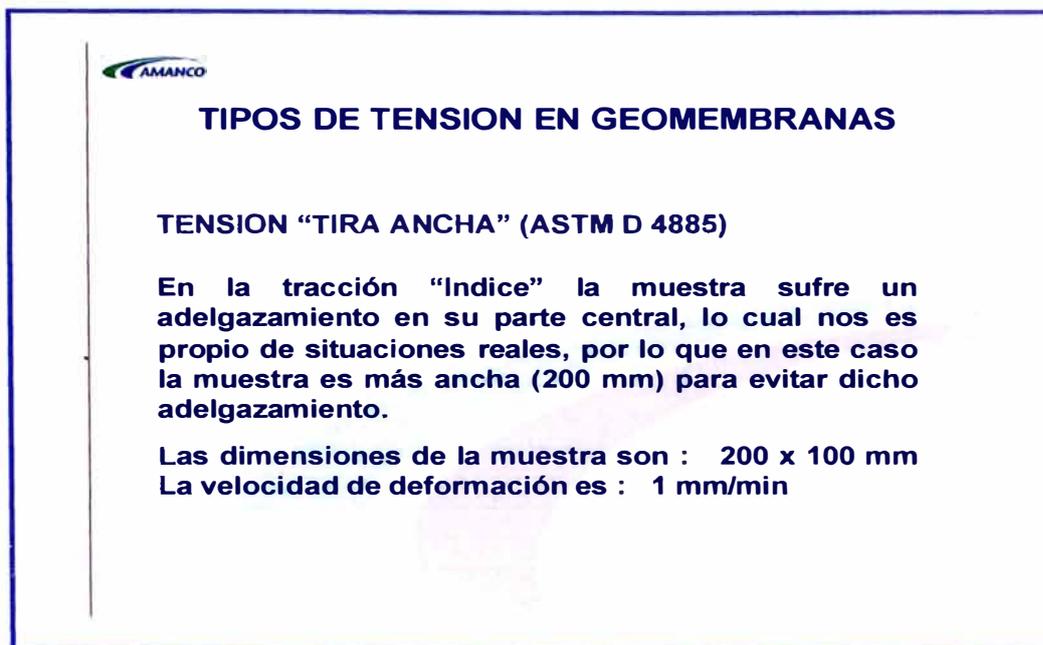


CUADRO Nº 2.7 ENSAYOS DE ÍNDICE DE TENSIÓN

PROPIEDADES DE ENSAYOS	ENSAYOS DE ÍNDICE DE TENSIÓN				
	Unidad	HDPE	VLDPE	PVC	CSPE-R
Espesores Equivalentes	Mm	1.50	1.00	0.75	0.91
Tensión Máxima	K Pa	18,500	8,300	21,000	54,500
Deformación correspondiente	%	17	500	480	19
Modulo	MPa	330	76	31	330
Tensión ultima	KPa	13,800	8,300	20,700	5,700
Deformación correspondiente	%	500	500	480	110

Referencia Bibliográfica Nº 11

GRAFICO Nº 2.3 ENSAYOS DE MUESTRAS TIRA ANCHA



Referencia Bibliográfica Nº 11

CUADRO Nº 2.8 ENSAYOS DE MUESTRAS TIRA ANCHA

PROPIEDADES DE ENSAYOS	ENSAYOS MUESTRAS TIRA ANCHA				
	Unidad	HDPE	VLDPE	PVC	CSPE-R
Espesores Equivalentes	Mm	1.50	1.00	0.75	0.91
Tensión Máxima	K Pa	15,900	7,600	13,800	31,000
Deformación correspondiente	%	16	400	210	23
Modulo	MPa	450	69	20	300
Tensión ultima	KPa	11,000	7,600	13,800	2,800
Deformación correspondiente	%	400	400	210	79

Referencia Bibliográfica Nº 11

GRAFICO Nº 2.4 ENSAYO TENSION AXI-SIMÉTRICA

 **TIPOS DE TENSION EN GEOMEMBRANAS**

TENSION “AXI-SIMETRICA” (ASTM D 5716)

La muestra es circular y se sujeta en la mordaza circular y se hace presión por medio de agua hasta que se rompa el material (falla). La tensión aplicada en este ensayo es radial, por lo tanto se asemeja más a la realidad.

La dimensión de la muestra es : 600 mm de diámetro
La velocidad de deformación es : 7.0 K Pa/min



Referencia Bibliográfica Nº 11

CUADRO Nº 2.9 ENSAYOS TENSION AXIMÉTRICA

PROPIEDADES DE ENSAYOS		ENSAYOS TENSION AXIMÉTRICA			
	Unidad	HDPE	VLDPE	PVC	CSPE-R
Espesores Equivalentes	Mm	1.50	1.00	0.75	0.91
Tensión Máxima	K Pa	23,800	10,000	14,800	34,000
Deformación correspondiente	%	26	74	100	12
Tensión ultima	KPa	23,800	10,000	14,800	2,800
Deformación correspondiente	%	26	74	100	79

Referencia Bibliográfica Nº 11

Queda al criterio del diseñador escoger el tipo de ensayo de Tensión que crea conveniente.

Para nuestro cálculo escogeremos el tipo Tira Ancha, ya que es el ensayo de mayor porcentaje de seguridad, siendo el esfuerzo admisible:

$$\sigma_{adm} = 18,600 \text{ K Pa (e = 1.5 mm.)}$$

Pero este dato es para geomembrana de 1.5 mm, por lo tanto hallamos para geomembrana HDPE e = 1.00 mm:

$$\sigma_{adm} = 18,600 \text{ K Pa. / 1.5 = 12,400 K Pa.}$$

Siendo nuestro esfuerzo admisible:

$$\sigma_{adm} = 12,400 \text{ K Pa.} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

δ_U y δ_L : Ángulos de fricción geomembrana - suelo y geomembrana - geotextil (ASTM D5321). Ver cuadro N° 2.10.

CUADRO N° 2.10

Ángulos de fricción Geomembrana - Suelo y Geomembrana - Geotextil (ASTM D5321)

Tipo de Geomembrana HDPE	Tipo de Geotextil No Tejido	Tipo de Suelo - Arena		
		$\Phi = 30^\circ$	$\Phi = 28^\circ$	$\Phi = 26^\circ$
Texturizada	32°	30° (100%)	26° (92%)	22° (83%)
Lisa	8°	18° (56%)	18° (61%)	17° (63%)

Referencia Bibliográfica N° 2

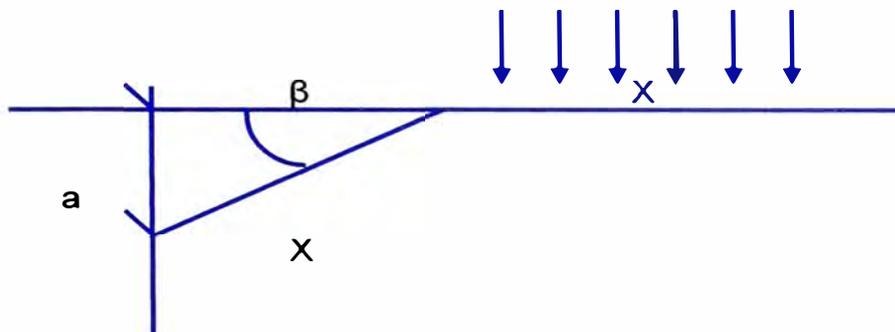
$$\delta_U = 0^\circ \quad (\text{Ec. 2.6})$$

$$\delta_L = 8^\circ \quad (\text{Ec. 2.7})$$

β : Ángulo que forma el movimiento de la geomembrana a tensión con la horizontal

X : Distancia de movilización de la deformación de la geomembrana.

GRAFICO N° 2.5
DEFORMACIÓN POR ASENTAMIENTO



Referencia Bibliográfica N° 2

Donde:

- a : Asentamiento
- X : desplazamiento
- β : Angulo de asentamiento

$$\sin \beta = \frac{a}{X}$$

$$\tan \beta = \frac{H}{V} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$\longrightarrow \beta = 26.57^\circ \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Asumimos un desplazamiento máximo para la geomembrana:

X = 150 mm (Condición mas desfavorable)

Reemplazamos:

$$t = \frac{7.848 \text{ KPa} \times 150 \text{ mm.} (\tan 0^\circ + \tan 8^\circ)}{12,400 \text{ KPa} (\cos 26.57^\circ - \sin 26.57^\circ \times \tan 8^\circ)} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

$$t = 0.016 \text{ mm.}$$

$$F.S. = 1.00 / 0.016 \gggg 1 \text{ ok!!! (Referencia Bibliográfica N° 11)}$$

→ **Espesor = 1.00 mm.**

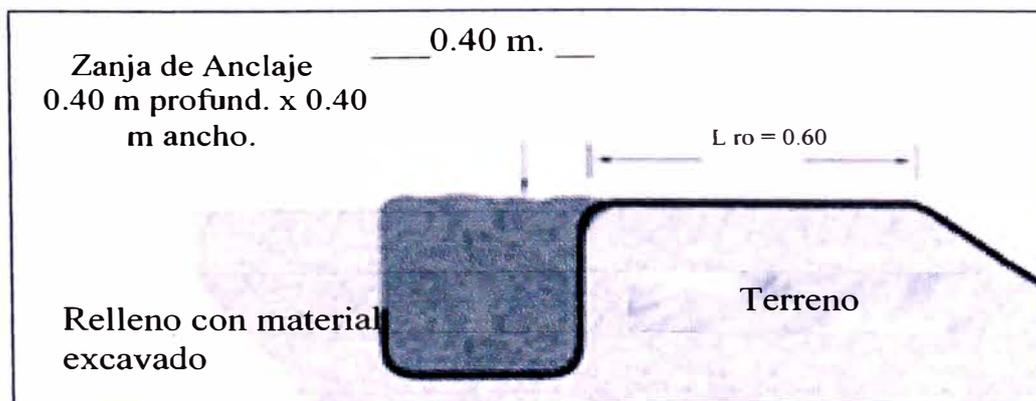
Concluimos que la geomembrana a utilizar será de **HDPE con un espesor de 1.00 mm.**

B. Diseño de Longitud de Desarrollo (L_{ro}) y Profundidad de Zanja de Anclaje (d_{AT})

Para este chequeo se tiene en cuenta un estado de esfuerzos dentro de la zanja de anclaje y su mecanismo de resistencia. En la profundidad de la zanja se tiene fuerzas laterales actuando sobre la geomembrana mas específicamente una presión activa de tierra tendiendo a desestabilizar el sistema y una presión pasiva de tierra que lo tiende a soportar.

GRÁFICO N° 2.6

DIMENSIONES DE LA LONGITUD DE DESARROLLO Y ZANJA DE ANCLAJE



Referencia Bibliográfica N° 11

$$T_{adm} = \frac{\sigma_n L_{ro} (\tan \delta_U + \tan \delta_L) - P_A + P_P}{\cos \beta - \sin \beta \cdot \tan \delta_L} \quad (\text{Ec. 3.0})$$
$$P_A = (0.5 \cdot \gamma_{AT} d_{AT} + \sigma_n) K_A d_{AT}$$
$$P_P = (0.5 \cdot \gamma_{AT} d_{AT} + \sigma_n) K_P d_{AT}$$

Donde:

L_{ro} : Longitud de desarrollo

P_A : Presión activa de tierra contra el material de relleno de la zanja de anclaje.

P_P : Presión pasiva de tierra contra el suelo in-situ de la zanja de anclaje.

γ_{AT} : Peso específico del suelo de la zanja de anclaje.

d_{AT} : Profundidad de la zanja de anclaje

σ_n : Esfuerzo normal aplicado sobre el suelo de cobertura.

K_A : Coeficiente de presión de tierra activa = $\tan^2 (45^\circ - \Phi / 2)$

K_P : Coeficiente de presión de tierra activa = $\tan^2 (45^\circ + \Phi / 2)$

Φ : Angulo de fricción del suelo respectivo.

Entonces resolviendo la ecuación se encuentran dos incógnitas, motivo por el cual se asume un dato y se encuentra el otro hasta que se encuentre un dato considerable tanto para la longitud de desarrollo como para la profundidad de la zanja de anclaje.

$$\gamma_{AT} = 2.17 \text{ gr/ cm}^3 \text{ (Ensayo de Laboratorio – Anexo I)}$$

$$\gamma_{AT} = 21.29 \text{ Kg / m}^3 \times 9.81 \text{ N/ Kg} = 21.29 \text{ KN / m}^2$$

$$\gamma_{AT} = 21.29 \text{ KN / m}^2$$

$$H = 0.30 \text{ m (altura de la capa de compactación)}$$

$$\sigma_n = 21.29 \text{ KN / m}^3 \times 0.30 \text{ m.} = 6.39 \text{ KN / m}^2$$

$$\sigma_n = 6.39 \text{ KN / m}^2$$

$$\Phi = 33.90^\circ \text{ (Ensayo de Laboratorio – Anexo I)}$$

$$K_A = \tan^2 (45^\circ - 33.90^\circ / 2) = 0.284$$

$$K_A = 0.284$$

$$K_P = \tan^2 (45^\circ + 33.90^\circ / 2) = 3.522$$

$$K_P = 3.522$$

$$P_A = (0.5 \times 21.29 d_{AT} + 6.39) 0.284 \times d_{AT}$$

$$P_A = 3.02 d_{AT}^2 + 1.81 d_{AT}$$

$$P_P = (0.5 \times 21.29 d_{AT} + 6.39) 3.522 \times d_{AT}$$

$$P_P = 37.47 d_{AT}^2 + 22.49 d_{AT}$$

$$T_{adm} = 18,600 \text{ KPa} \times 0.001 \text{ m} = 18.6$$

$$T_{adm} = 18.6$$

$$18.6 = \frac{6.39 \times L_{ro} (\tan 18^\circ + \tan 8^\circ) - P_A + P_P}{\cos 26.57^\circ - \sin 26.57^\circ \times \tan 8^\circ}$$

$$15.47 = 6.86 L_{ro} - P_A + P_P$$

$$15.47 = 6.86 L_{ro} + 34.45 d_{AT}^2 + 20.68 d_{AT}$$

Asumimos:

$$L_{ro} = 0.60 \text{ m. (Ver grafico N° 2.6)}$$

$$\longrightarrow d_{AT} = 0.35$$

Tomamos como profundidad:

$$d_{AT} = 0.40 \text{ m. (Ver gráfico N° 2.6)}$$

(Ec. 3.1)

2.2.2 Descripción, Características y Ventajas de la Geomembrana HDPE e = 1.00 mm.

A. Descripción de la Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad HDPE

El Polietileno es un polímero termoplástico cristalino, se fusiona a los 110^a C y tiene conductibilidad eléctrica pequeña, resistente a bajas temperaturas, alta resistencia a la tensión, baja reactividad, es inerte, no tóxico, poca estabilidad dimensional (2%).

El Polietileno de Alta Densidad, es un polímero obtenido del etileno en cadenas con moléculas bastantes juntas. Es un plástico incoloro, inodoro, no toxico, fuerte, resistente a golpes y productos químicos. Su temperatura de ablandamiento es de 120^a C, por lo que garantiza total confianza para los proyectos de contenedores de larga duración.

Las geomembranas de HDPE (Polietileno de Alta Densidad) son recubrimientos de polietileno negro muy bien conocidas por su resistencia al tiempo y a los rayos U.V; esta resistencia se ve incrementada al añadir el negro humo que esta en alrededor de 3% de su composición, siendo el 97% de resina; este negro humo es un estabilizante ante la luz solar que contribuye a su larga durabilidad. También tiene un mínimo de lubricantes para el proceso de extrusión. Por lo tanto sus propiedades están principalmente controladas por la calidad de la resina empleada por la dispersión del negro humo.

Es un material que por resistencia a la acción química, se puede calificar como el más indicado en aplicaciones de impermeabilización, alcanzando mayor durabilidad que otros polímeros cuando se encuentran expuestos a condiciones ambientales y al ataque químico. La principal característica es su baja permeabilidad con valores de 10^{-11} a 10^{-12} cm/s.

La calidad de la geomembrana comienza con la selección de la resina base. Las resinas de polietileno están especialmente formuladas para cumplir las más exigentes especificaciones, estas se mezclan con negro humo y aditivos

antioxidantes que garantizan una larga duración, incluso en condiciones de exposición a la intemperie.

B. Características de la Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad HDPE

Las características de la geomembrana HDPE las podemos ver en el cuadro N° 2.11. (Anexo II).

CUADRO N° 2.11
CARACTERÍSTICAS DE LA GEOMEMBRANA HDPE

CARACTERÍSTICAS	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)
CRISTALINIDAD (%)	80 - 95
DENSIDAD (gr/ cm ³)	0.94 – 0.97
PUNTO DE FUSION (°C)	HASTA 135
ESTABILIDAD QUIMICA	EXCELENTE
ELONGACION A RUPTURA (%)	20 – 30
MODULO ELASTICO (N/mm ²)	1000
COEFICIENTE DE EXPANSION LINEAL (K ⁻¹)	2 x 10 ⁻⁴
RESINA(%)	96 - 97
FILLER (%)	0
NEGRO HUMO (%)	2-3
ADITIVOS (%)	0.5 – 1.0
PLASTIFICANTES (%)	0

Referencia Bibliográfica N° 6 - 11

C. Ventajas de la Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad HDPE

Las geomembranas HDPE tienen gran cantidad de ventajas, siendo una de las principales la alta resistencia química y mecánica así como la doble ventaja de no tener elementos químicos dentro de su estructura macromolecular que la desestabilicen. Pero vamos a mencionar las principales ventajas de este tipo de geomembranas:

- Gran resistencia a los rayos ultravioletas (UV)
- Buen comportamiento a la agresión química
- Alta durabilidad (vida útil)
- Resistentes a la mayoría de los líquidos peligrosos.
- Permite un mejor control calidad a las uniones y soldaduras.
- No contiene plastificantes que podrían migrar, causando envejecimiento prematuro de la geomembrana o contaminar el agua potable que contenga el recipiente o reservoirio impermeabilizado.
- Resistente al acción de las bacterias, termitas, roedores y raíces.

2.2.3 Almacenaje y Manipuleo de la Geomembrana HDPE.

A la llegada a obra de la geomembrana, el Inspector de Control de Calidad conjuntamente con el Supervisor serán los responsables de verificar que los rollos hayan sido almacenados y protegidos en forma adecuada deberán documentar y registrar toda la información necesaria relacionada con los materiales enviados a la obra. Se tomará un inventario completo de todos los rollos y tomará nota de cualquier rollo que aparentemente esté dañado. Todos los rollos dañados serán separados de este stock. Luego, se documentará el inventario

El almacenamiento de la geomembrana a instalar será en concordancia con el Contratista. La operación de despliegue deberá ser previamente programada y analizada con los trabajadores participantes a fin de evitar accidentes de cualquier tipo.

Antes de proceder a la descarga, se debe inspeccionar los equipos de transporte interno para verificar que no dañen la geomembrana. También se deberá inspeccionar el área de almacenamiento para verificar que la superficie sea suave, plana y este libre de piedras y otro objetos que podrían cortar o punzonar la geomembrana. El supervisor inspeccionará la descarga, no es necesario proteger los rollos de la geomembrana de las condiciones climáticas normales.

Durante la descarga se debe inspeccionar que los rollos estén etiquetados con la siguiente información (Formulario A-2 del Anexo VI):

- N^a de rollo (único)
- N^a de lote
- Dimensiones del rollo(Largo y ancho)
- Peso del rollo
- Área del rollo (m²)
- Espesor de la geomembrana
- Marca de la geomembrana
- Nombre de la empresa

También deberá inspeccionar y comparar las especificaciones que brinda el proveedor con las del proyecto que aparece en el expediente de obra, para asegurar que se esta recepcionando el material correcto. Todo esto se realiza en presencia de la persona encargada de recepción, el proveedor y la supervisión.

Los datos mencionados anteriormente quedaran asentados en el libro de obra, para que luego sean utilizados como información base para los controles de calidad que se realicen.

2.2.4 Instalación de la Geomembrana

Previo a la instalación de la Geomembrana se realizo una evaluación de los curriculums de las empresas que brindan este servicio de instalación de geomembrana HDPE en reservorios de agua, eligiendo la más responsable y la de mayor experiencia en el área. La empresa que se encargó de la instalación fue Amanco S.A.(Anexo VII).

Una vez obtenido el tipo y espesor de la Geomembrana a utilizar por diseño y haber evaluado a las empresas del mercado, se procedió a pasar la orden de servicios para la instalación de la misma. (Formulario A-1)

A. Preparación del terreno

- **Terreno neto del Reservorio de Agua**

En caso que encontremos un terreno con material de grandes dimensiones y material punzocortante que podrían dañar a la geomembrana, este deberá ser compactado y nivelado (90% del Proctor Modificado) de modo que no ocurran asentamientos diferenciales ni perforaciones en la lámina.

Cuando un proyecto no tiene pautas específicas como la preparación de un terreno compactado se debe seguir un “Control de Calidad y Aseguramiento de la Calidad para Instalaciones que Contienen Desechos” según el US-EPA. La superficie deberá estar lo más suave posible y no deberá contener charcos de agua, desechos u otros objetos que puedan dañar la geomembrana.

Otra solución es el uso de otro tipo de geosintético que cumpla la función de protector de la geomembrana, éste otro material es el geotextil no tejido, que es lo que usaremos en el presente proyecto. Por tal motivo no fue necesaria la compactación ni el tratamiento del terreno, solo una limpieza manual.

En general, el Instalador de la geomembrana no es responsable de los movimientos de tierra en una obra. El Contratista es el responsable de toda la preparación y mantenimiento de la superficie que va a ser cubierta así como de que ésta se encuentre seca antes de ser cubierto por la geomembrana. (Anexo I)

- **Zanja de anclaje**

La zanja de anclaje será excavada por el Contratista (a menos que se especifique lo contrario), la profundidad y ancho será de acuerdo al diseño establecido en los planos y especificaciones técnicas, sustentados por los Ensayos de Laboratorio que nos proporcionarán los datos del terreno; y previo a la instalación de la geomembrana.

Previo al inicio de los trabajos, corresponderá la verificación de:

- La zanja de anclaje deberá ser construida con anticipación al despliegue de la geomembrana para asegurar su anclaje. Será excavada en forma paralela en todo el perímetro del reservorio las dimensiones de la longitud de anclaje y la profundidad de la zanja serán según diseño como anteriormente mencionamos.
- Los sitios donde la geomembrana ingrese a la zanja deben estar libres de irregularidades, protuberancias, piedras filosas, clastos u otro elemento para evitar potenciales daños a la geomembrana esto en caso que la geomembrana sea colocada directamente sobre terreno natural.
- El relleno de la zanja de anclaje será responsabilidad del Contratista siguiendo las especificaciones técnicas. No obstante, se hará inspecciones al relleno para evitar que se produzcan daños a la geomembrana al momento del relleno.
- Se recomienda que el relleno de la zanja de anclaje ocurra en momentos en que la geomembrana se encuentre en su estado de mayor contracción para evitar la formación de trampolines (inestabilidad dimensional). Si esto no fuera posible, se deberá utilizar otra metodología tal como generar arrugas adicionales o colocar sacos con lastre con el fin de evitar que la geomembrana se levante; por lo que es recomendable que durante el tiempo transcurrido entre el despliegue de la geomembrana y el relleno de la zanja de anclaje por parte del Contratista, colocar estos anclajes temporales consistentes en sacos de arena y/o material de relleno a lo largo de la zanja, para evitar que la geomembrana se desplace y cree problemas de excesivas arrugas.
- Debemos tener especial cuidado en el momento del llenado y compactación de las zanjas de anclaje para evitar el daño de la geomembrana. En nuestro Proyecto el material excavado no era un material que pudiera causarle daños a la geomembrana, por tal motivo usamos el mismo material previamente

cernido y la compactación se realizó en capas de 0.30 m compactados manualmente.

- **Aceptación del terreno**

Previamente al inicio de los trabajos de instalación, el personal del Contratista inspeccionará visualmente las rasantes para determinar si se encuentran aptas para el revestimiento.

Le corresponde al Instalador verificar el estado de la superficie que estará en contacto con la geomembrana el cual debe estar libre de irregularidades, protuberancias, vegetación, exceso de agua, material flojo, piedras, superficies suaves, etc, situaciones superficiales que por su composición, fondo y tamaño puedan causar daños a la geomembrana. Frente a la presencia de estos elementos, el Contratista deberá reparar la superficie hasta la conformidad de la misma.

Las recomendaciones anteriormente mencionadas son tomadas en cuenta cuando la geomembrana será colocada directamente sobre el terreno natural, en nuestro caso en el Proyecto usaremos Geotextil No Tejido de Amortiguamiento, por lo tanto no se exige un control tan riguroso en la superficie del terreno, suficiente con un nivelado.

Previo al inicio de los trabajos de revestimiento, el Instalador, el Control de Calidad, el Residente y Supervisor verificarán su aceptación y firmarán el formato de aceptación de área inspeccionada asumiendo la responsabilidad del área aprobada.

El Instalador no verifica ni se responsabiliza por los informes de inspección, de recepción, resultados de compactación requerida, etc. respecto a los trabajos de movimiento de tierras. No se instalará sobre terreno NO APROBADO según lo estipulado en las especificaciones técnicas para geosintéticos.

A solicitud del Contratista, el Instalador les proporcionará una aprobación por escrito del terreno compactado. Dicha aprobación se limitará a la cantidad de terreno compactado que haya sido cubierto durante un trabajo específico. Las reparaciones que se hagan posteriormente al terreno compactado y superficie seguirán siendo responsabilidad del Contratista. (Anexo V).

B. Trazado, identificación y Colocación del Paneles.

Previo al inicio de la instalación, el Instalador remitirá al Contratista un Panel Layout (Esquema de Instalación) del área a desplegar para su aprobación correspondiente con el fin de programar la operación, tomar las medidas de seguridad para prevenir cualquier pérdida y desplegar de acuerdo al programa de producción establecido. En nuestro caso el Panel Layout fue trabajado en formato Autocad y entregado por el Contratista, posteriormente se realizó el Plano As built. (Anexo IV).

- **Trazado del Paneles**

Antes de empezar un proyecto, se debe realizar un trazado del Panel Layout mostrando la ubicación de cada panel de la geomembrana. Este trazado debe presentarse sólo con fines informativos y normalmente se basa en los planes y especificaciones del proyecto. Durante la instalación de la geomembrana, la colocación del panel puede diferir del trazado propuesto. En el plano a escala del proyecto se mostrará la colocación real del panel en campo. Durante la instalación, el Instalador recolecta toda la información que se muestra en el plano a escala. Dicho plano a escala debe mostrar la ubicación del panel, identificación del panel, penetración de la tubería (en caso las hubiera) y ubicaciones de los ensayos destructivos.

- **Identificación del Paneles**

Se debe dar un número distintivo a cada panel instalado. Cada panel se identifica por su número tanto en el plano a escala como físicamente en el panel usando plumón indeleble (o spray cuando sea permitido).

- **Colocación de Paneles**

Durante la colocación del panel se debe tener cuidado de no dañar la geomembrana y/o terreno compactado. Tanto el caminar sobre la geomembrana así como el tráfico debe ser el mínimo posible. No se debe permitir que alguien que use zapatos que pueden perforar, arañar u ocasionar algún daño a la geomembrana camine sobre ella.

Durante la colocación del panel, se deberá usar un anclaje y lastre para impedir un levantamiento de viento de la geomembrana (bolsas de arena u otros).

El despliegue y empalmes de los paneles de Geomembrana de HDPE de $e = 1\text{mm}$, debe ser longitudinalmente y en el sentido de la máxima pendiente de talud. Sobre los taludes no es permitido colocar paneles transversales, debido a ello se utilizarán paneles enteros y verticales que serán predimensionados y cortados previamente de tal manera que la longitud de los mismos sea desde el anclaje hasta la unión en la base alejada por lo menos 1.5 m del pie de talud. Cuando se trata de reservorios pequeños esta separación será en proporción a las dimensiones del reservorio.

Las zonas correspondientes a las zanjas de anclaje serán presentadas y fijadas temporalmente para realizar los cortes y traslapes necesarios, de tal forma de lograr cubrir las áreas requeridas.

Las uniones mediante traslapes se realizarán una vez que los paños se encuentren plenamente ubicados, La disposición del traslape determina la dirección de movimiento de las máquinas soldadoras de cuña caliente al momento de la soldadura por fusión.

Para el cumplimiento de las especificaciones técnicas estos traslapes no deberán presentar una longitud inferior a 10mm. de modo que los excedentes a ambos costados de la línea tengan el tamaño suficiente para ser asidos con la tenaza del tensiómetro durante los ensayos destructivos y adicionalmente favorecer a que la fusión sea ejecutada completamente en el traslape.

El Supervisor de Campo en coordinación con el instalador y su personal procederá con la secuencia de instalación de paneles tomando en cuenta lo siguiente:

En Terreno

- El lugar o zona donde escurren las aguas.
- Dirección y velocidad del viento.
- Las condiciones de la superficie de apoyo.
- La accesibilidad al terreno.
- Orientación del traslape entre paneles.

En Equipos, Accesorios y Condiciones de Clima

- El equipo utilizado en el despliegue no dañe la superficie de terreno.
- No fumar sobre la geomembrana. Esto es aplicable en todo momento que se esté sobre ella.
- Los zapatos no ocasionen daños a la geomembrana por atrapamiento de piedras.
- La manipulación del equipo y herramientas no cause daño sobre la geomembrana.
- El corte de la geomembrana, se deberá realizar con herramientas adecuadas tales como cuchillos con hoja curva (Pico de Loro).
- Proveer y colocar un adecuado anclaje temporal consistente en sacos de arena, de manera de no crear problemas al estar sobre la geomembrana. Este anclaje temporal se utiliza para evitar daños producto del viento. Asimismo, se deberá tener la precaución de no arrastrar los sacos de arena sobre la geomembrana.

- Se deberá mantener una línea de sacos distanciados a 0.60 m en el filo libre del panel para evitar que se levante por acción de el viento.
- El Contratista deberá asegurar con suficientes sacos de arena en la parte plana de las bermas perimetrales, para evitar zonas tensionadas (trampolines). Los sacos en los taludes irán amarrados entre sí y anclados en zonas de máxima pendiente para evitar desplazamiento de los mismos y crear daños a la geomembrana.
- Cuando las condiciones climáticas sean adversas, no se debe desplegar geomembrana ya que podrían poner en riesgo la seguridad de los trabajadores y la integridad del material.
- El traslape entre los diferentes paneles a soldar debe ser el adecuado teniendo en cuenta el tipo de máquina con que se va a soldar y la temperatura ambiente presente en el momento.
- Una vez desplegado el panel y verificado él traslape, se da inicio (lo más pronto posible) a la soldadura de los paneles (Soldadura por Termofusión y posteriormente por Extrusión).
- Simultáneamente, el Control de Calidad deberá identificar cada panel utilizando con marcador indeleble de color amarillo o blanco de manera que quede resaltado toda la información necesaria que se indica a continuación (ver foto N° 20 del Anexo VIII):
 1. N° de Panel
 2. Dimensiones del Panel (Longitud y ancho).
 3. Hora de Despliegue.
 4. Fecha de Despliegue
 5. N° de Rollo

- Toda la geomembrana desplegada durante una jornada diurna deberá quedar soldada y debidamente anclada a fin de evitar algún tipo de accidente.
- Los paneles de geomembrana no deben ser desplegados ni dejados sin soldadura por la noche. No se debe desplegar la geomembrana cuando las condiciones del clima son inciertas o no adecuadas para una soldadura en campo. Las temperaturas extremas, alta humedad, lluvia, etc. son todas condiciones desfavorables para la soldadura en campo. El Contratista, Supervisor e Instalador deben determinar si la soldadura puede realizarse adecuadamente de modo que se obtengan soldaduras de calidad.

C. Unión de la Geomembrana HDPE.

- **Inspección visual**

Durante la instalación de la geomembrana, el técnico de Control de Calidad deberá efectuar en forma permanente una Inspección Visual a todos los elementos involucrados. En especial a:

- Superficie de apoyo.
- Los equipos de soldadura que se encuentren limpios, regulados y que los controladores de temperatura estén operando satisfactoriamente.
- En el área de trabajo deberá existir un adecuado número de equipos de manipulación de rollos de geomembrana, de soldadura y control de calidad a fin de evitar cualquier imprevisto dentro del proceso constructivo, frente a esto el Supervisor y el Contratista verificarán el funcionamiento de cada uno de estos mencionados al inicio y durante el proyecto haciendo las recomendaciones y modificaciones necesarias para la correcta ejecución del trabajo.

- Si durante el proceso de soldadura se detecta algún defecto o anomalía tales como: mala maniobra (boca de pescado) corte de energía momentáneo el técnico está obligado a indicar el defecto en la geomembrana para su posterior reparación.
- Inmediatamente después de desplegada y soldada la geomembrana, Control de Calidad inspeccionará visualmente cada uno de los paneles, con el objeto de identificar y marcar las zonas que necesiten reparación. Principalmente, la función a desempeñar consistirá en: Verificar que toda soldadura por termofusión entre paneles no presenten arrugas, marcas profundas, salidas de rodillo, material fundido, quemaduras ni perforaciones en la geomembrana y que el traslape sea el adecuado.
- Inspeccionar cada junta por fusión dentro del metro inicial, debajo del traslape en busca de quemaduras de la geomembrana.
- En las soldaduras de paneles por Extrusión, se deberá verificar que el cordón sea homogéneo. No presentando fallas de adhesión, burbujas por humedad ni exceso de esmerilado.
- En todo el panel, se deberá observar, marcar e informar al contratista de las perforaciones, deformaciones por piedras u otros, ralladuras, fallas de producción y/o cualquier otro detalle que sea susceptible de ser analizado (cambios de tonalidad en la geomembrana, restos de material plástico adherido, etc.) para tomar la decisión de reemplazo total o parcial del panel a costo del instalador las posteriores reparaciones.
- No deberá de existir piedras rodantes con ángulos prominentes bajo la geomembrana con el fin de evitar daños. En caso de observar estas irregularidades durante la inspección visual interna y/o entrega del área se procederá a realizar la reparación (parche ó bead).

- Una vez concluida la inspección visual de los paneles, juntas y reparaciones el Contratista colocará sus iniciales en las observaciones encontradas y marcadas.
- Toda soldadura entre paneles debe ser inspeccionada visualmente y anotada en el formulario (Formularios A-5 y A-6).

En general, todas las soldaduras deben orientarse en forma paralela al declive, no atravesadas. Las soldaduras relacionadas (perpendicular al declive) no deben localizarse dentro de los 5 pies (1.5 metros) de la punta del declive.

El Supervisor documentará todos los procedimientos de soldadura mediante un formulario (Formularios A-5 y A-6). La documentación en campo de los procedimientos de soldadura incluyen el número de soldaduras, fecha y hora de cosido, técnico soldador, longitud de la soldadura y una referencia respecto a la soldadura de ensayo correspondiente (calibración).

El Instalador debe asegurarse de que el área de la soldadura no tenga polvo, humedad ni cualquier otro objeto que pudiera afectar la calidad de la soldadura.

Todas las intersecciones en el Panel (soldaduras "T") deberán ser soldadas por extrusión para garantizar un sello adecuado. Con la frecuencia que sea posible, el Instalador deberá cortar una muestra de 1 pulgada de ancho (25 mm) al final de las soldaduras y luego realizar un ensayo de despegue. Si la muestra falla, se debe detener la soldadura con el equipo designado inmediatamente. El Instalador delimitará el área defectuosa y la reparará adecuadamente. Se requerirá una nueva soldadura de prueba para que el técnico soldador retome la soldadura.

La unión de geomembrana consiste en soldadura paneles utilizando equipos apropiados tales como máquinas de cuña, equipos de aporte máquinas extrusoras.

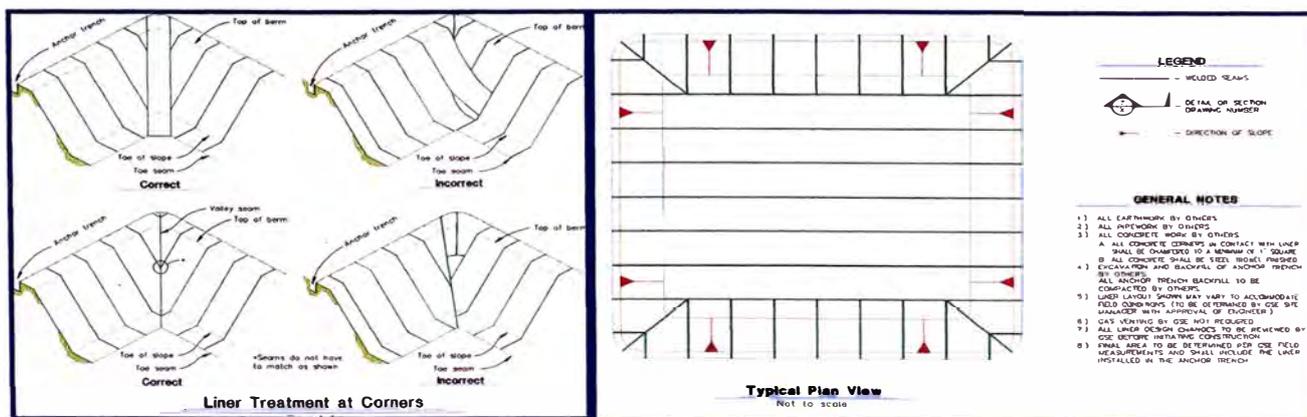
El objetivo es otorgar continuidad a los paneles que se instalan y con ello formar un único, efectivo e impermeable revestimiento en toda el área requerida.

Las uniones entre paneles deberán ser motivo de análisis por parte de los instaladores toda vez que una instalación inadecuada puede generar que las uniones queden expuestas a esfuerzos o solicitaciones que podrían hacer peligrar el sistema de revestimiento.

En general, se deben tener presente las siguientes recomendaciones:

- Las uniones soldadas deben orientarse de forma perpendicular a la dirección de máxima pendiente, o a lo más a 30° de ésta a fin de permitir que durante la operación de esparcido del panel (que es de abajo hacia arriba), no levante o doble los traslapes.
- Los traslapes entre paneles deben seguir la dirección de flujo.
- Evitar la concentración de uniones (soldaduras) principalmente en esquinas o en lugares irregulares. Las esquinas tiene un tratamiento especial. Ver grafico N° 2.7.

GRAFICO N° 2.7 TRATAMIENTO EN LAS ESQUINAS



Referencia Bibliográfica N° 11

- Preferir siempre las uniones por termofusión (Cuña Caliente) respecto de las uniones por Extrusión.
- Las juntas horizontales soldadas no deben ubicarse sobre un panel a menos de 1.5 metros lineales desde el pie del talud. En los taludes de pendiente menor de (6H:1V) esta regla no se aplicará.
- Se deberán minimizar las juntas horizontales, y en caso de ser necesario realizarlas, se deberá tener la precaución de cortar la continuidad de la misma desplazando las juntas en forma escalonada a una distancia mínima de 1.5 m. Esto es aplicable en pendientes mayores a (6H:1V). En aquellos sectores donde los taludes sean muy empinados, las juntas deberán inclinarse a 45° respecto de la línea de máxima pendiente previa coordinación y autorización del contratista y el Cliente.

- **Calibración de Maquinas**

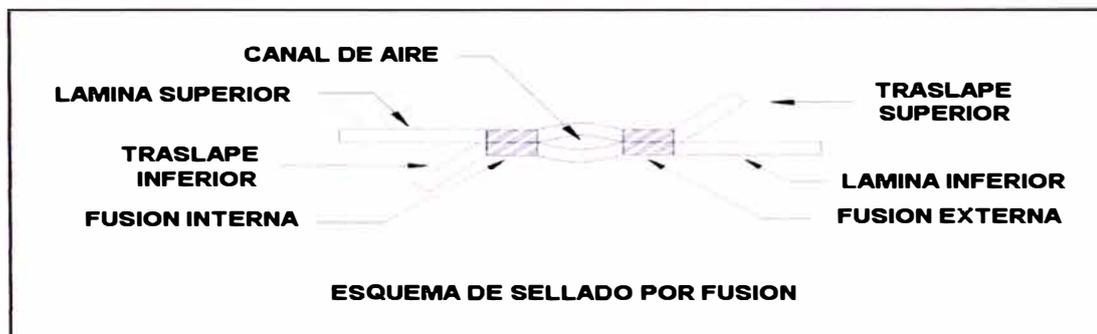
Las máquinas serán previamente calibrada, tanto la cuña caliente como la extrusora, según el clima en que se encuentre la zona a instalar. (Formulario A-4 del Anexo VI)

- **Soldadura de la Geomembrana**

Soldadura por Cuña caliente (Hot Wedge)

El principal método usado debe ser la soldadora de Cuña Caliente. Este equipo automático permite una mayor velocidad de soldadura así como un método de soldado más consistente. Los paneles de geomembrana están traslapados seis pulgadas (150 mm) lo cual permite una soldadura por doble fusión y deja suficiente material para realizar ensayos de corte y despegue en muestras con soldaduras tomadas en el lugar. Estas soldaduras incluyen un canal de aire que permite realizar un ensayo de presión de aire de la soldadura, ver grafico N° 2.8

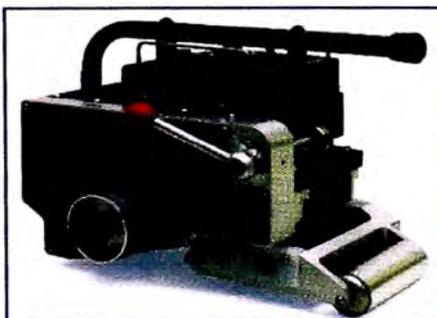
GRAFICO N° 2.8 Soldadura por Termofusión (Cuña Caliente) en Geomembranas de Polietileno



Referencia Bibliográfica N° 11

Este proceso deberá ser usado para la soldadura entre paneles y, generalmente, no se usará para parchado ni trabajos de detalle. Los aparatos deberán ser del tipo de Cuña Caliente y estarán equipados, comúnmente, con una cuña de separación para permitir la prueba de presión de aire de las soldaduras. (Formulario A-5)

FOTO N° 2.1 MAQUINA CUÑA CALIENTE

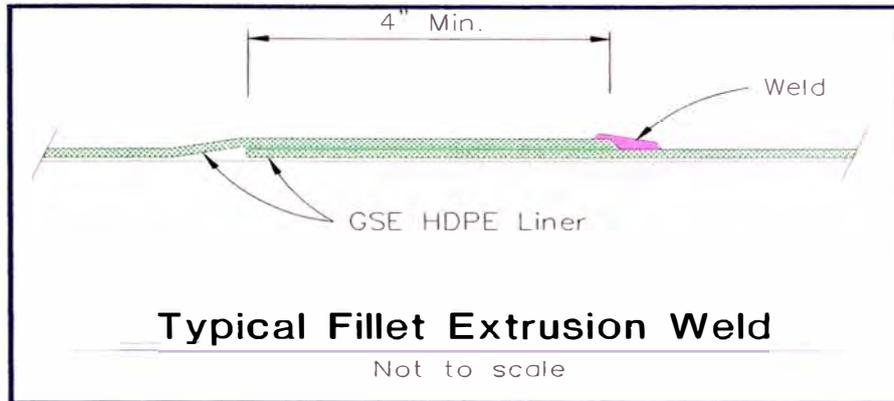


Referencia Bibliográfica N° 7

Soldadura por Extrusión (Extrusión Welder)

Este proceso será usado, principalmente, para reparaciones, parches y detalles especiales de fabricación. Este método es también útil para conectar paneles nuevos a geomembrana instalada previamente, que no tiene un extremo expuesto, permitiendo ser soldada por fusión. Ver grafico N° 2.9.

GRAFICO N° 2.9
Soldadura por Extrusión en Geomembranas de Polietileno



Referencia Bibliográfica N° 7

El aparato de soldar por extrusión (soldador de mano) deberá estar equipado con sistemas de control de temperatura. Todo tipo de trabajo con este método de soldadura por extrusión se utiliza un hilo de cobre. (Formulario A-6).

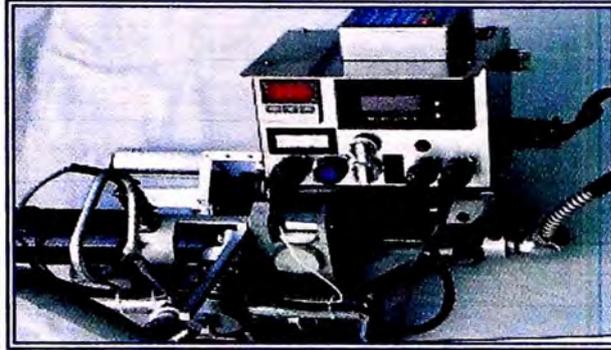
FOTO N° 2.2
SOLDADURA POR EXTRUSIÓN



Referencia Bibliográfica N° 7

El equipo de soldadura de fusión deberá ser autopropulsado y deberá estar equipado con controles de temperatura de la cuña y de velocidad de soldadura, para asegurar un control apropiado por parte del Instalador.

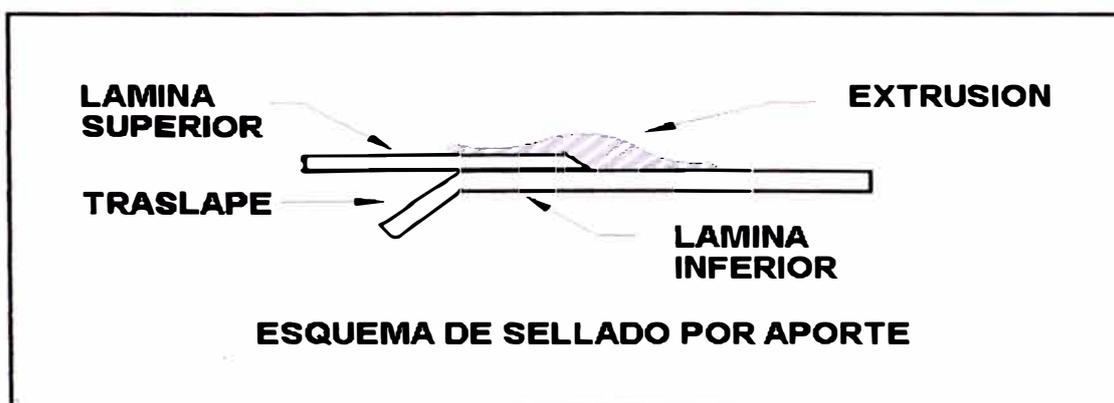
FOTO N° 2.3
MAQUINA LEÍSTER PARA FUSIÓN



Referencia Bibliográfica N° 7

En áreas restringidas como las esquinas y conexiones cerradas donde no puede emplearse adecuadamente la soldadora de cuña se usa una soldadora manual con filete por extrusión (ver grafico N° 2.9). Antes de cualquier soldadura por extrusión con filete, se debe poner a tierra la geomembrana para garantizar una adhesión adecuada del material estirado por presión o extrujado.

GRAFICO N° 2.10
EXTRUSIÓN POR FILETE



Referencia Bibliográfica N° 7

- **Soldaduras de Prueba**

Se realizan soldaduras de prueba antes de cada desplazamiento y a intervalos no mayores a cuatro o cinco horas. Las soldaduras de prueba deben reproducir las mismas condiciones que las encontradas cuando se sueldan los paneles de las geomembranas: tipo de material, temperatura ambiente, etc. El Supervisor puede solicitar soldaduras de prueba cuando las condiciones climáticas varían considerablemente.

Para cada soldadura de prueba, el Instalador corta cuatro muestras de 1 pulgada de ancho (25 mm) con un cortador a troquel. Luego, estas muestras son sometidas a ensayos de despegue y resistencia al corte mediante un tensiómetro de campo. Las cuatro muestras deben satisfacer o sobrepasar los requerimientos del proyecto con relación a los ensayos de corte y despegue.

Las soldaduras de prueba son ensayadas y aprobadas por el Supervisor quien documentará cada soldadura de prueba con la siguiente información: Número de Soldadura de Prueba, Parámetros para la Soldadura (velocidad y temperatura), Nombre del Instalador, Número de Equipo, Fecha y Hora, resultados de los Ensayos de Corte y Despegue, etc.

- **Documentación**

En cada soldadura, el Instalador deberá marcar sobre el revestimiento sus iniciales, número de equipo y hora en que inició la soldadura. El Supervisor registrará esta información en el formulario. (Anexo VI)

- **Procedimientos de Reparación**

Se debe inspeccionar visualmente que los materiales no tengan imperfecciones, perforaciones u otros defectos o daños que puedan haber ocurrido durante el transporte o colocación del panel. Se deberá marcar cualquier defecto usando plumones de tinta indeleble y asignando un número de reparación.

FOTO N° 2.4 REPARACIÓN DE ZONA DAÑADA



Referencia Bibliográfica N° 7

El Instalador documentará todos los procedimientos de reparación y verificará (realizará ensayos) mediante un método de ensayo no destructivo. La documentación de todos los procedimientos de reparación se harán usando el formulario.

El Contratista es el responsable de determinar el método adecuado de reparación para un defecto específico. En general, se deberá usar formularios con procedimientos Estándar de Reparación a fin de determinar el procedimiento de reparación adecuado de acuerdo al alcance del defecto.

- **Aceptación de la Obra**

El Contratista es el responsable conjuntamente con la supervisión se encargaran de aceptar la obra terminada por la empresa instaladora. (Anexo IX).

CONCLUSIONES

- Para el diseño de geomembrana en reservorios se debe tener los siguientes datos fundamentales del suelo donde se realizará la instalación: ángulo de fricción del material que irá debajo y encima de la geomembrana, peso específico del material que va debajo y encima de la geomembrana, con estos datos podemos realizar el diseño.
- El diseño por función es el único aceptable, porque permite realizar un diseño en base a toma de ensayos de suelos, cálculos en base a formulas obtenidas por experimentos realizados y requerimientos que se siguen en la obra de ingeniería otorgando de manera más exacta el tipo de geomembrana a utilizar.
- Es mucho más económico usar geomembrana para la impermeabilización de reservorios de agua, que solo concreto, por lo siguiente: el rendimiento es mucho mayor comparado con el uso de otros materiales convencionales, ya que son fáciles de instalar y se necesita mano de obra no calificada haciendo esto que el costo se aminore.
- El uso de la geomembrana en la impermeabilización garantiza un tiempo de vida mucho mayor, estamos hablando de un promedio de 20 a 30 años de vida útil en el caso de reservorio que solo contengan agua, esto se debe a que la calidad de la geomembrana comienza con la selección de la resina base, las resinas de polietileno están especialmente formuladas para cumplir las más exigentes especificaciones, estas se mezclan con negro humo y aditivos antioxidantes que garantizan una larga duración, incluso en condiciones de exposición a la intemperie.
- El uso de la geomembrana hace posible la conservación del medio ambiente, actualmente muchas de las normas de impacto ambiental solicitan el uso de geosintéticos en general.

- El suelo del área de estudio, hasta la profundidad de exploración está conformado por suelo de relleno conformado por gravas redondeadas angulares, suelos finos y basuras (restos de ladrillos, vidrios, raíces, entre otros), voleos de gravas (20-25%) angulares y redondeadas, presenta oquedades, arena limosa semicompacto, presencia de humedad a 2.00m de profundidad.
- El esfuerzo admisible del suelo en la base del reservorio es aproximadamente 615 kPa (6.28 Kg/ cm²).
- Para efectos de diseño sismorresistente se adoptará el perfil de suelo S₂ (suelo intermedio), perfil idealizado que más se aproxima a las condiciones del suelo en el área de estudio. Los factores de zonificación y geotécnicos a considerar son: Z= 0,4; S= 1,2 y T_p= 0,6 segundos.
- Si durante la construcción del reservorio de agua, el contratista llegará a detectar materiales diferentes respecto de lo establecido en el perfil del suelo, deberá notificar al consultor geotécnico y/o proyectista, con el fin de recoger dicha información y complementar el programa de exploración ejecutado.

RECOMENDACIONES

- Cuando se elige el tipo de geomembrana es recomendable hacerlo por el método de diseño por función, porque en este método se cuenta con datos tanto del material a usar como la función que va cumplir el material.
- En el caso de geomembranas HDPE, son recomendadas para todo tipo de material desde agua hasta altos tipos de ácidos, garantizando un tiempo de vida mayor; precaviendo en todo caso la protección de la misma en materiales punzocortantes.
- Para la instalación de geomembrana HDPE debemos tener especial cuidado en elegir a la empresa que va realizarla, ya que solo un técnico calificado con conocimientos del uso de la soldadora, nos puede garantizar una buena instalación y un óptimo rendimiento.
- Para el emplazamiento del reservorio, luego de la excavación y nivelación, se deberá realizar una conformación de 1cm de material fino de la zona, a fin de obtener una superficie libre de materiales punzantes o de elevada altura que pueda dañar el geotextil y por consiguiente la geomembrana.
- Para el análisis de estabilidad de taludes se adoptarán los criterios recomendados por la Norma Técnica de Edificaciones E.030, a fin de diseñar las estructuras con un adecuado comportamiento sísmico, que permita reducir el riesgo de interrumpir el sistema integral proyectado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Amanco, Manual de Instalación y Procedimientos de Control de Calidad de Geomembrana HDPE, 3^{ra} edición, Editorial Amanco, Lima – Perú, 2005.
2. Amanco, Manual de PAVCO - Geosintéticos, 5^{ta} edición, Editorial Amanco, Bogota Colombia, 2004.
3. Asociación Internacional de Instaladores de Geosintéticos, Especificación para la Instalación de Geomembranas, 4^{ta} edición, Editorial Amanco, Estados Unidos de Norteamérica, 2000.
4. Bowles, Joseph, E, Propiedades Geofísicas de los Suelos, 4^{ta} edición, Editorial McGraw-Hill, Bogotá (Wiesbaden), 1982.
5. Carvallo Cesar, Clase de Instalación de Geomembrana, Curso de Titulación, Amanco, Lima – Perú, marzo 2007.
6. Geosynthetics Research Institute (GRI), International Association of Geosynthetics Installers- IAGI, 3^{ra} edición, Editorial GRI, Estados Unidos, 2000.
7. Gonzáles Miguel, Clase de Geomembranas, Curso de Titulación, Amanco, Lima- Perú, enero 2007.
8. Gonzáles Miguel, Clase de Normas y Propiedades de los Geosintéticos, Curso de Titulación, Amanco, Lima- Perú, enero 2007.
9. Juárez Badillo – Rico Rodríguez, Mecánica de suelos. Tomo II Teoría y aplicaciones de la Mecánica de Suelos, 2^{da} edición, Editorial El Ateneo, México, 1979.
10. Koerner R.M., Designing with Geosynthetics, 5^{ta} edición. Editorial Koerner, Estados Unidos de Norteamérica, 2005.

11. Martínez Vargas, *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Civil*, 4^{ta} edición, Editorial El Ateneo, Lima – Perú, 2001.
12. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, *Reglamento Nacional de Construcciones-Norma Técnica de Edificación E.030. Diseño sismorresistente*, 5^{ta} edición, Editorial Perú, Lima- Perú, 1997.
13. Peñaranda Castañeda Jorge, *Diseño y Aplicación de Geosintéticos a las Obras de Ingeniería Civil*, Lima- Perú, 2003.
14. Terzaghi, K. Peck, *Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica*, 4^{ta} edición, Editorial El Ateneo, Buenos Aires, 1986.

ANEXOS

RELACIÓN DE ANEXOS	
Mecánica de Suelos – Ensayos de Laboratorio	ANEXO I
Especificaciones Técnicas de la Geomembrana HDPE	ANEXO II
Cronograma de Obra	ANEXO III
Planos	ANEXO IV
Acta de Recepción de Terreno	ANEXO V
Formularios de Instalación de Geomembrana	ANEXO VI
Brochure del Instalador de Geosintéticos	ANEXO VII
Memoria Gráfica	ANEXO VIII
Acta de Recepción de Obra	ANEXO IX

ANEXOS

ANEXO I

**Mecánica de Suelos
Ensayos de Laboratorio**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

INFORME N° S07 - 120

SOLICITADO : GRUPO N°08 DEL CURSO DE TITULACION APLICACIÓN DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE ING.
PROYECTO : IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE
UBICACIÓN : Zona de Ingenieritos - Campus UNI
FECHA : 09, Marzo del 2007

ENSAYOS ESTÁNDAR

I. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Calicata C-1
Muestra M-1
Prof. (m) 3.00

Malla	(%) Acumulado que pasa
3"	100.0
2"	80.7
1 1/2"	80.7
1"	72.8
3/4"	64.0
1/2"	50.1
3/8"	41.6
1/4"	33.7
N°4	32.7
N°10	23.0
N°20	19.1
N°30	18.2
N°40	17.1
N°60	15.1
N°100	12.2
N°200	9.7
% de Grava	67.3
% de Arena	23.0
% de Finos	9.7

LIMITE LIQUIDO (%) ASTM D4318 23.3

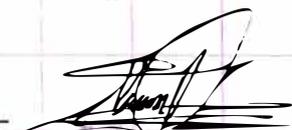
ASTM D4318

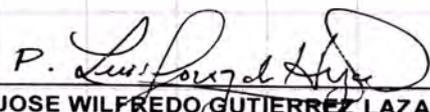
LIMITE PLASTICO (%) ASTM D4318 18.5

ASTM D4318

INDICE DE PLASTICIDAD (%) 4.8

CLASIFICACION SUCS GP - GC


IVERSON AREÑA VALVERDE,
BACH. ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecánica de Suelos UNI


V°B° **JOSE WILFREDO GUTIERREZ LAZARES**
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecánica de Suelos UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813842

Viene de informe N° :

S07 - 120

II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM 3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : M-1
Calicata : C-1
Prof. (m) : 3.00

Especimen N°	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Altura Inicial de muestra (cm)	2.00	2.00	2.00
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	1.560	1.560	1.560
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.472	1.472	1.472
Cont. de humedad inicial (%)	5.9	5.9	5.9
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	1.953	1.861	1.808
Altura final de muestra (cm)	1.954	1.831	1.736
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	1.774	1.876	1.955
Densidad seca final (gr/cm ³)	1.507	1.608	1.696
Cont. de humedad final (%)	17.7	16.6	15.3
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.50	1.00	1.50
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm ²)	0.424	0.760	1.096

Angulo de friccion interna : **33.9 °**
Cohesion (kg/cm²) : **0.09**

III DENSIDAD MAXIMA Y DENSIDAD MINIMA ASTM D-4254

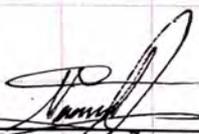
Densidad maxima (gr/cm³) : 1.45
Densidad minima (gr/cm³) : 1.71

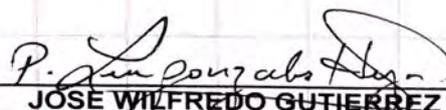
Densidad natural (cono 12") (gr/cm³) 2.17

Muestras remitidas e identificadas por el solicitante

Realizado por: Tec. Jorge Chávez U.

Revisado por: Bach. Ing. N. Noreña V.


NILTONSON NOREÑA VALVERDE.
BACH. ING. RESPONSABLE DE AREA
Lab. de Mecanica de Suelos UNI


VºBº **JOSÉ WILFREDO GUTIERREZ LAZARES**
ING. JEFE DEL LABORATORIO
Lab. de Mecanica de Suelos UNI



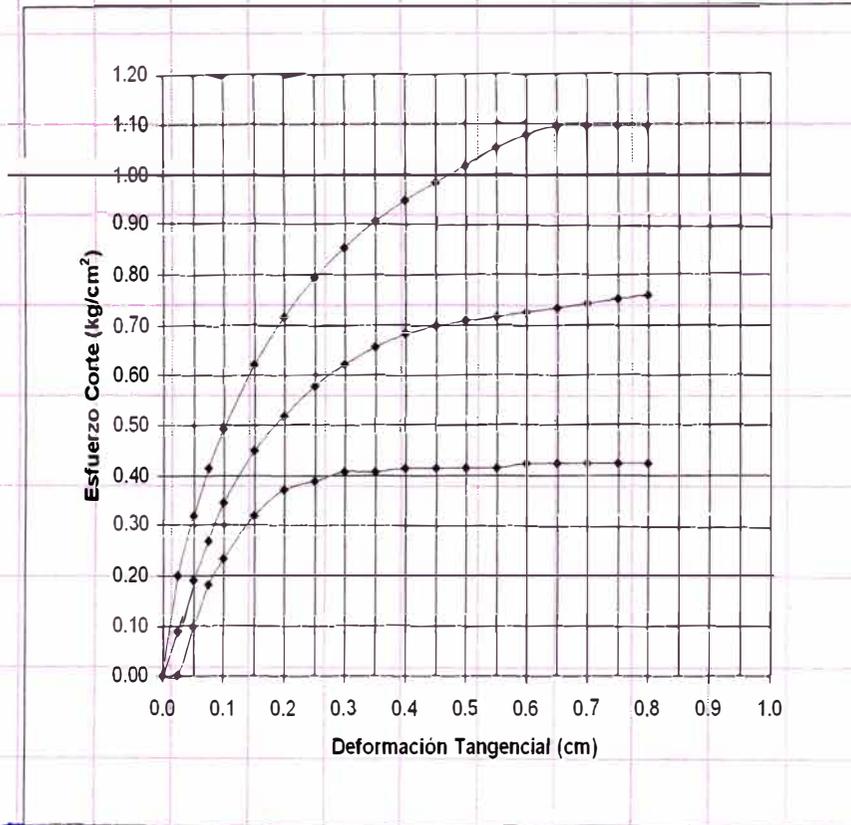
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
 Muestra : M-1
 Calicata : C-1
 Prof. (m) : 3.00

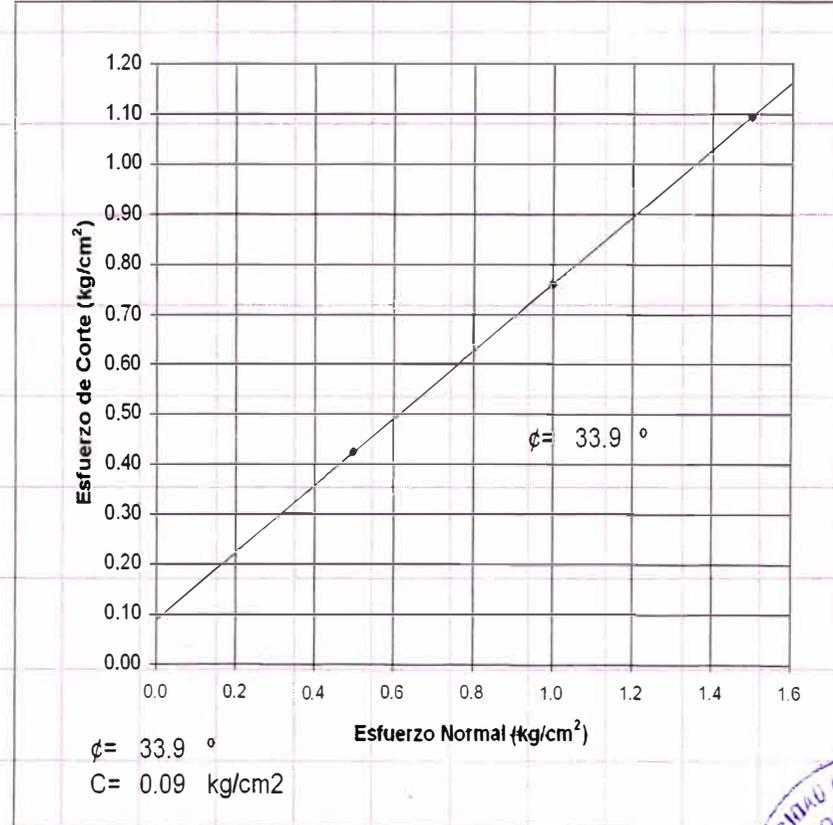
INFORME N° S07 - 120

SOLICITADO : GRUPO N°08 DEL CURSO DE TITULACION APLICACIÓN DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE ING.
 PROYECTO : IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE
 UBICACIÓN : Zona de Ingenieritos - Campus UNI
 FECHA : 09, Marzo del 2007

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D - 422

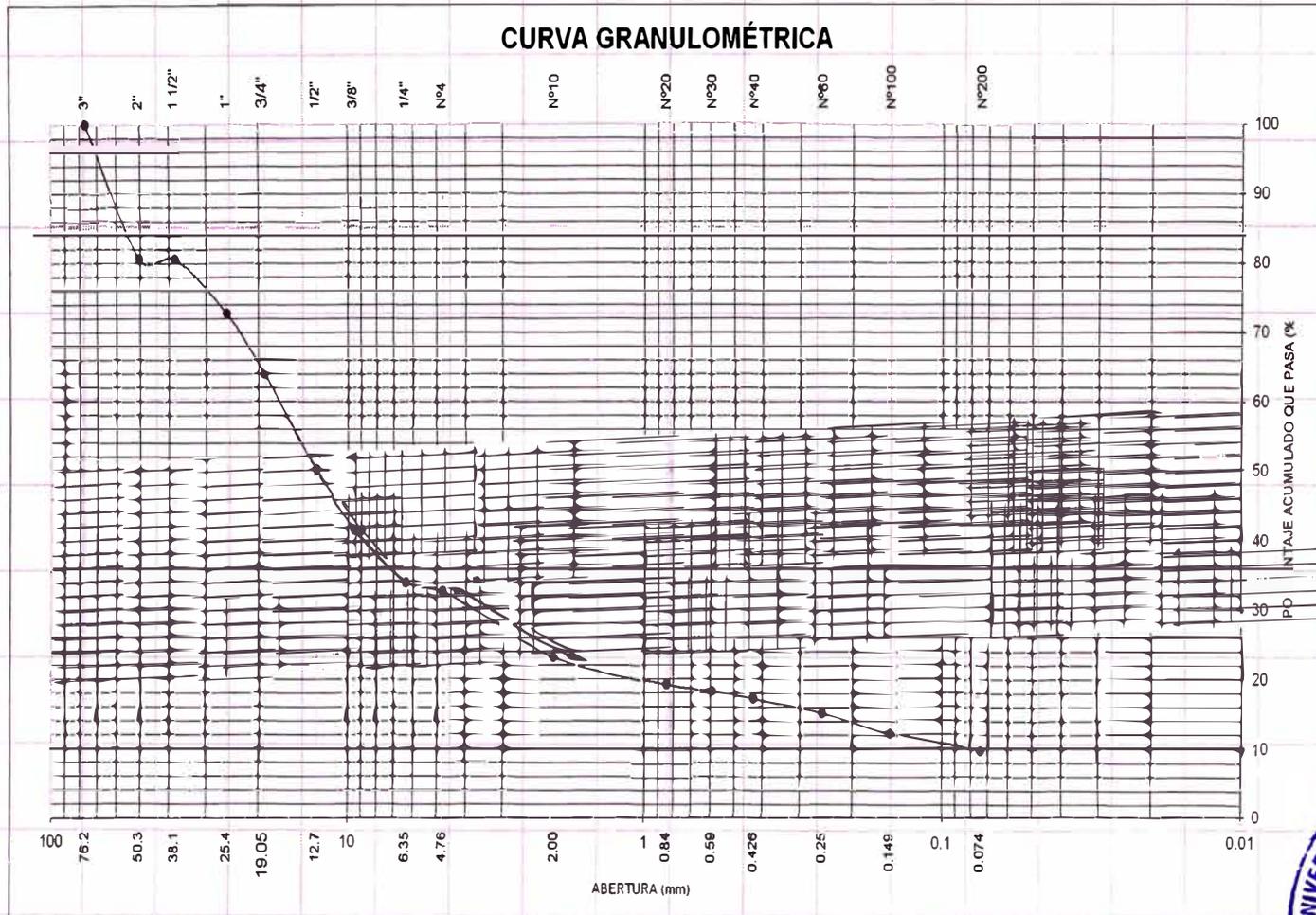
INFORME N° S07 - 120

Calicata : C-1
Muestra : M-1
Prof. (m) : 3.00

Solicitado : GRUPO N°08 DEL CURSO DE TITULACION APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS EN OBRAS DE ING.
Proyecto : IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE
Ubicación : Zona de Ingenieritos - Campus UNI
Fecha : 09, Marzo del 2007

Tamiz	Abertura (mm)	(%) acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	80.7
1 1/2"	38.100	80.7
1"	25.400	72.8
3/4"	19.050	64.0
1/2"	12.700	50.1
3/8"	9.525	41.6
1/4"	6.350	33.7
N°4	4.760	32.7
N°10	2.000	23.0
N°20	0.840	19.1
N°30	0.590	18.2
N°40	0.426	17.1
N°60	0.250	15.1
N°100	0.149	12.2
N°200	0.074	9.7

CURVA GRANULOMÉTRICA



V°B°





LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)

A.S.T.M. - 854

Proyecto : IMPERMEABILIZACION DE RECERBORIO DE AGUA CON GEOMENBRANA HDPE

Solicitado: GRUPO N°9

Ubicacion: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Fecha : 10-05-2007

UBICACIÓN		C-1	C-1	C-2	C-2		
MUESTRA		M-1	M-3	M-1	M-2		
PROFUNDIDAD		0.00-1.20	1.20-1.50	0	0.00-0.90		
NRO DEL FRASCO		2	1	1	1		
1	Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	212.2	222.2	219.5	205.1		
2	Peso del frasco volumétrico	102.1	96.6	109.5	95.2		
3	Peso del suelo seco (1 - 2) (gr)	110.1	125.6	110	109.9		
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	420.8	425.1	428.8	413.4		
5	Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	351.6	346.6	359.4	343		
6	Volumen del suelo (3 + 5 - 4) (cm ³)	40.9	47.1	40.6	39.5		
7	Gs (3)/(6) gr/cc	2.7	2.7	2.7	2.8		

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4

Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería

Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588

e-mail: lnhgeo@yahoo.com

lnh_uni@uni.edu.pe

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

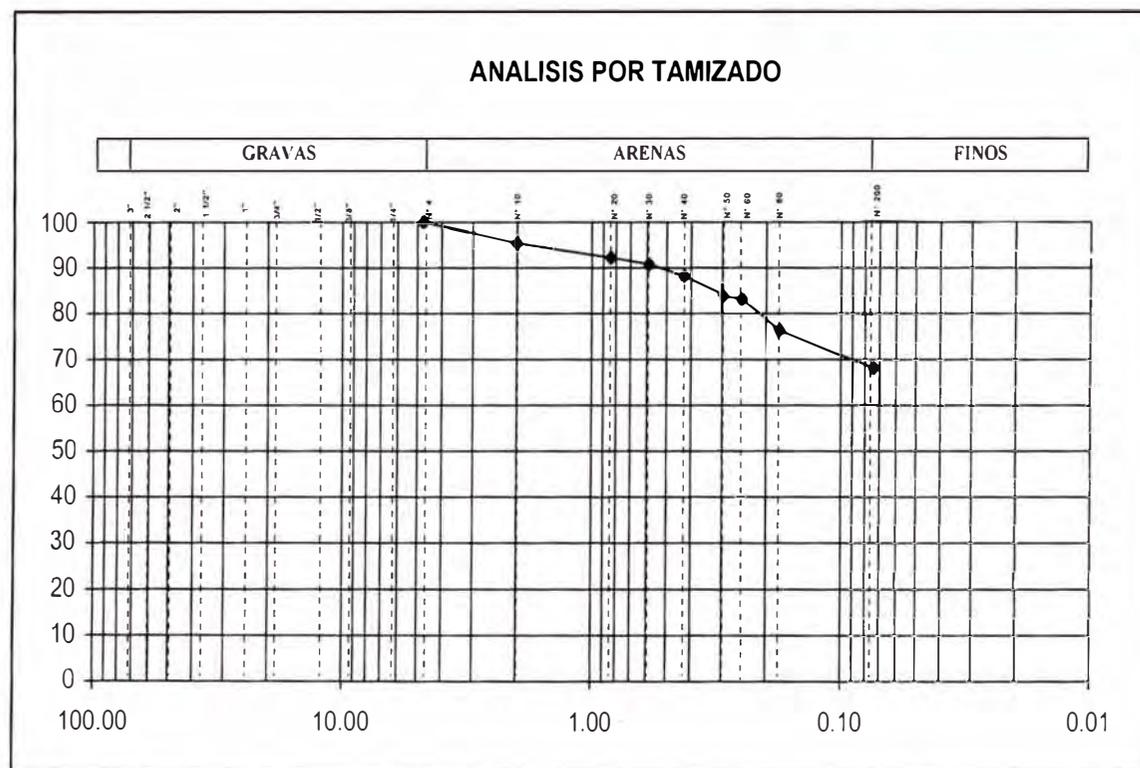
ASTM D 422

PROYECTO: IMPERMEABILIZACION DE RECERBORIO DE AGUA CON GEOMENBRANA HDPE
 SOLICITADO: GRUPO N°9
 UBICACIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA: C - 1 MUESTRA: M - 3 PROF. (m.): 1.50-2.00
 ING. RESP.: ING. J. MARTINEZ TECNICO: Y.F.A FECHA: 10 DE MAYO 2007

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	258.000
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	82.430
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	175.570

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA		
D60	-	Gravas
D30	-	0.00
D10	-	Arenas
Cu	-	31.95
Cc	-	Finos
		68.05
		Gruesa
		0.00
		Fina
		0.00
		Gruesa
		4.69
		Media
		7.09
		Fina
		20.17

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	12.09	95.31
N° 20	0.840	7.94	92.24
N° 30	0.590	3.78	90.77
N° 40	0.426	6.57	88.22
N° 50	0.297	11.03	83.95
N° 60	0.250	1.71	83.29
N° 80	0.177	17.79	76.39
N° 200	0.074	21.51	68.05
FONDO		0.00	68.05
Limos 0.074mm-0.005mm.			
Arcillas < 0.005mm.			
Coloides < 0.001mm.			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

PROYECTO: IMPERMEABILIZACION DE RECERBORIO DE AGUA CON GEOMENBRANA HDPE
 SOLICITADO: GRUPO N°9
 UBICACION: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA: C - 2 MUESTRA: M - 2 PROF. (m.): 0.90-2.00
 ING. RESP: ING. J. MARTINEZ TECNICO: Y.F.A FECHA: 10 DE MAYO 2007

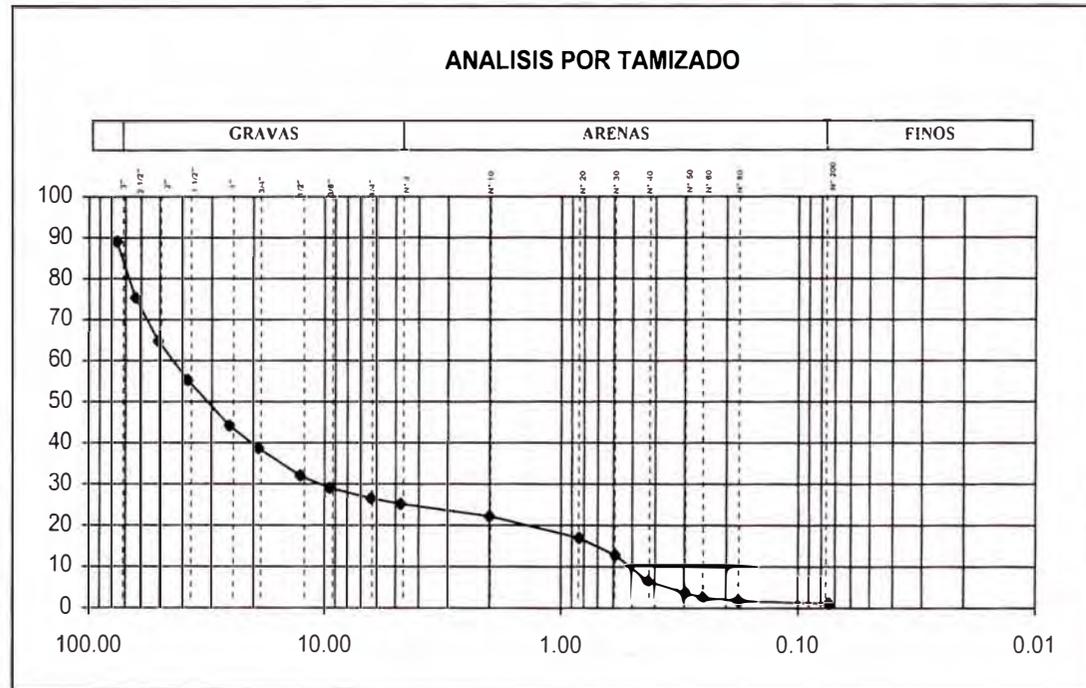
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :	2.430
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	12512.000
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	12374.302
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	137.698

Finos	3140.000
Finos Tomados	493.200

D60	44.441
D30	10.620
D10	0.672
Cu	66.093
Cc	3.774

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA			
Gravas	74.87	Gruesa	61.32
		Fina	13.55
Arenas	24.03	Gruesa	2.96
		Media	15.73
		Fina	5.33
Finos	1.10		

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200	1372.00	89.03
2 1/2"	63.500	1720.00	75.29
2"	50.800	1318.00	64.75
1 1/2"	38.100	1188.00	55.26
1"	25.400	1394.00	44.12
3/4"	19.050	680.00	38.68
1/2"	12.700	844.00	31.94
3/8"	9.525	370.00	28.98
1/4"	6.350	312.00	26.49
N° 4	4.760	170.00	25.13
N° 10	2.000	370.54	22.17
N° 20	0.840	654.48	16.94
N° 30	0.590	515.69	12.81
N° 40	0.426	798.37	6.43
N° 50	0.297	357.80	3.57
N° 60	0.250	129.88	2.54
N° 80	0.177	98.05	1.75
N° 200	0.074	81.49	1.10
FONDO		0.00	
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel.99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : IMPERMEABILIZACION DE RECERBORIO DE AGUA CON GEOMENBRANA HDPE
 SOLICITADO : GRUPO N°9
 UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 HECHO POR : Y.F.A FECHA: 10 DE MAYO 2007

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

MUESTRAS

CALICATA		C - 1	C - 1	C - 1		
MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3		
PROFUNDIDAD (m)		0.00-1.20	1.20-1.50	1.50-2.00		
FRASCO No		27	18	9		
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	110.83	125.76	95.20		
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	108.32	120.78	88.59		
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	2.51	4.98	6.61		
4. Peso de recipiente	grs	13.35	14.82	12.36		
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	94.97	105.96	76.23		
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	2.64	4.70	8.67		

MUESTRAS

CALICATA		C - 2	C - 2			
MUESTRA N°		M - 1	M - 2			
PROFUNDIDAD (m)		0.00-0.90	0.90-2.00			
FRASCO No		313	192			
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	122.20	107.96			
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	118.92	105.72			
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	3.28	2.24			
4. Peso de recipiente	grs	10.17	13.16			
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	108.75	92.56			
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	3.02	2.42			

MUESTRAS

CALICATA						
MUESTRA N°						
PROFUNDIDAD (m)						
FRASCO No						
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs					
2. Peso recipiente + suelo seco	grs					
3. Peso de agua	(1) - (2) grs					
4. Peso de recipiente	grs					
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs					
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %					

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



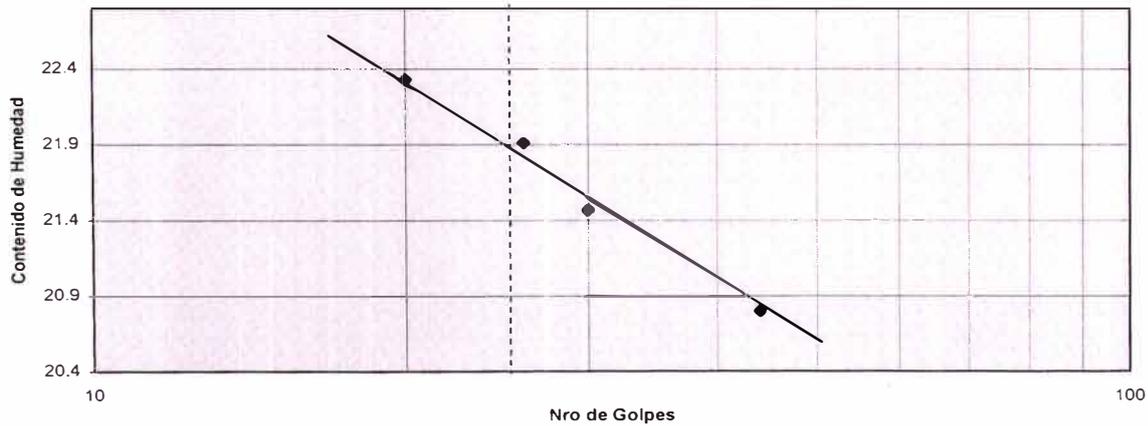
LIMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTE	GRUPO N°9	FECHA	0 DE MAYO 2007
PROYECTO	IMPERMEABILIZACION DE RECERBORIO DE AGUA CON GEOMENBRANA HDPE	ENSAYO	-
LOCALIZACION	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE IN	OPERADOR	Y.F.A
SONDAJE	C - 1	REVISADO	ING. J. MARTINEZ
MUESTRA	M - 1	PROF (m) :	0.00-1.20

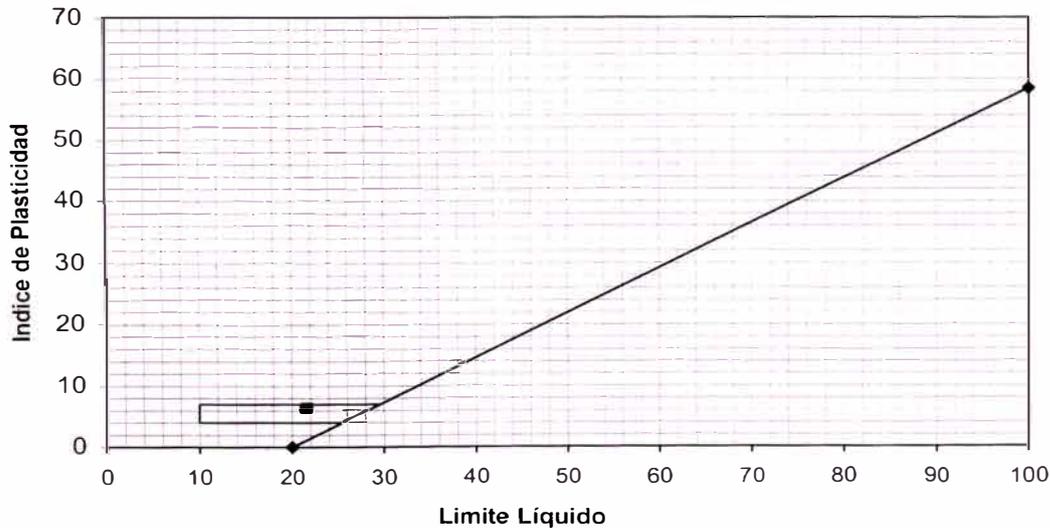
ENSAYO No	LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)			
	1	2	1	2	3	4
CAPSULA N.	379	12	340	373	168	331
NUMERO DE GOLPES			20	26	30	44
1 PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	13.24	18.14	32.27	26.29	27.75	29.17
2 PESO CAPSULA + SUELO SECO	12.98	17.88	28.62	23.74	24.68	25.94
3 PESO CAPSULA	11.29	16.16	12.27	12.10	10.38	10.41
4 PESO AGUA (1-2)	0.26	0.26	3.65	2.55	3.07	3.23
5 PESO SUELO SECO (2-3)	1.69	1.72	16.35	11.64	14.30	15.53
6 CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5*100)	15.38	15.12	22.32	21.91	21.47	20.80
	L.P. =	15.25		L.L. =	21.62	

I.P. = 6.37

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD





LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



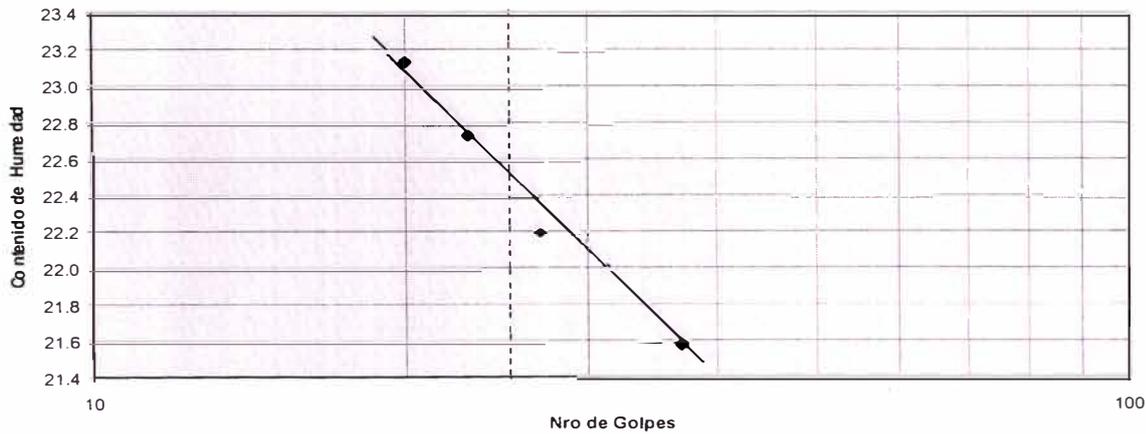
LIMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTE	GRUPO N°9	FECHA	0 DE MAYO 2007
PROYECTO	IMPERMEABILIZACION DE RECTORIO DE AGUA CON GEOMBRANA HDPE	ENSAYO	-
LOCALIZACION	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE IN	OPERADOR	Y.F.A
SONDAJE	C - 1	REVISADO	ING. J. MARTINEZ
MUESTRA	M - 2	PROF (m) :	1.20-1.50

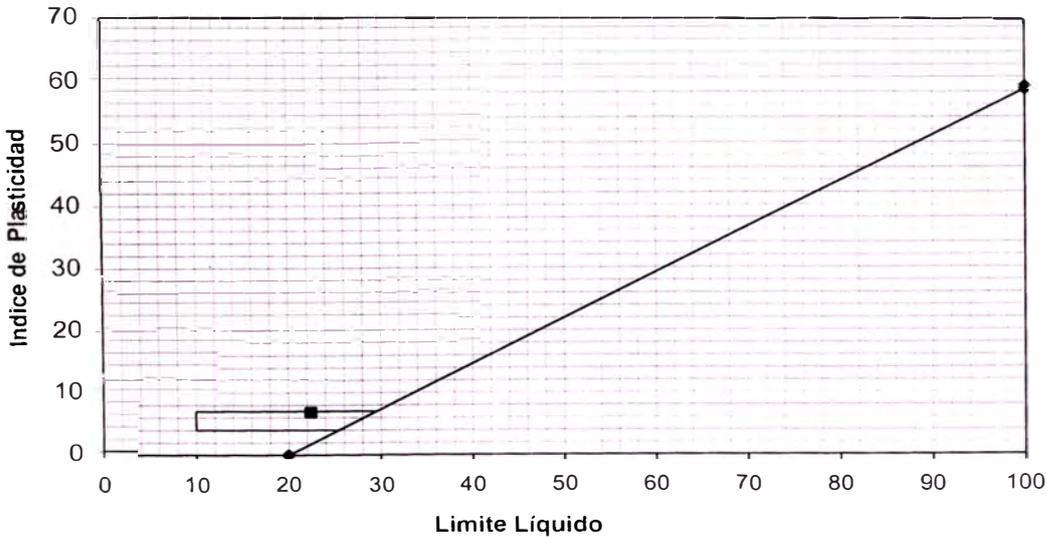
	LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)			
	1	2	1	2	3	4
ENSAYO No	1	2	1	2	3	4
CAPSULA N.	357	319	360	361	303	346
NUMERO DE GOLPES			20	23	27	37
1 PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	15.44	13.79	26.96	23.33	27.88	20.14
2 PESO CAPSULA + SUELO SECO	15.03	13.35	24.15	21.16	24.65	18.65
3 PESO CAPSULA	12.41	10.53	12.01	11.62	10.10	11.75
4 PESO AGUA (1-2)	0.41	0.44	2.81	2.17	3.23	1.49
5 PESO SUELO SECO (2-3)	2.62	2.82	12.14	9.54	14.55	6.90
6 CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5*100)	15.65	15.60	23.15	22.75	22.20	21.59
	L.P. =	15.63		L.L. =	22.42	

I.P. = 6.80

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD



DESCRIPCION DEL MATERIAL FHO - Ay. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



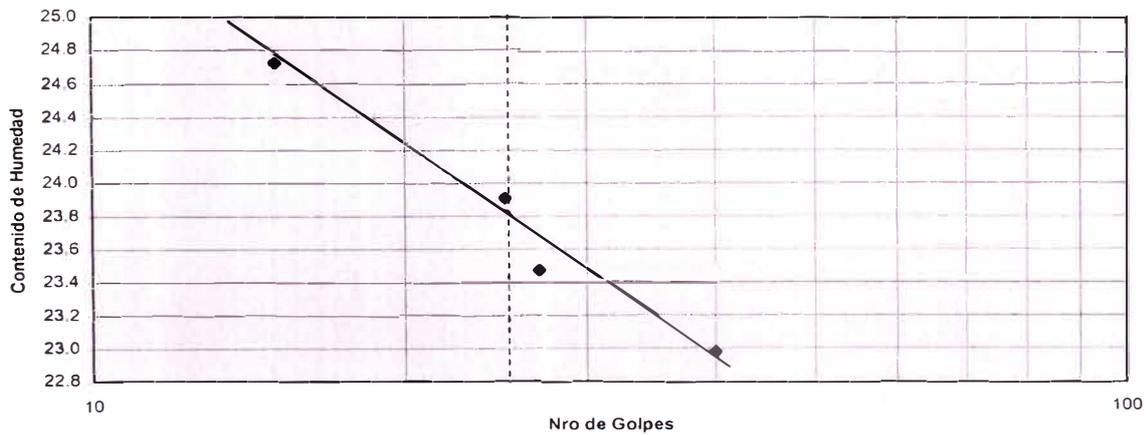
LIMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTE	GRUPO N°9	FECHA	0 DE MAYO 2007
PROYECTO	IMPERMEABILIZACION DE RECTORIO DE AGUA CON GEOMENBRANA HDPE	ENSAYO	-
LOCALIZACION	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE IN	OPERADOR	Y.F.A
SONDAJE	C - 2	REVISADO	ING. J. MARTINEZ
MUESTRA	M - 1	PROF (m) :	0.00-0.90

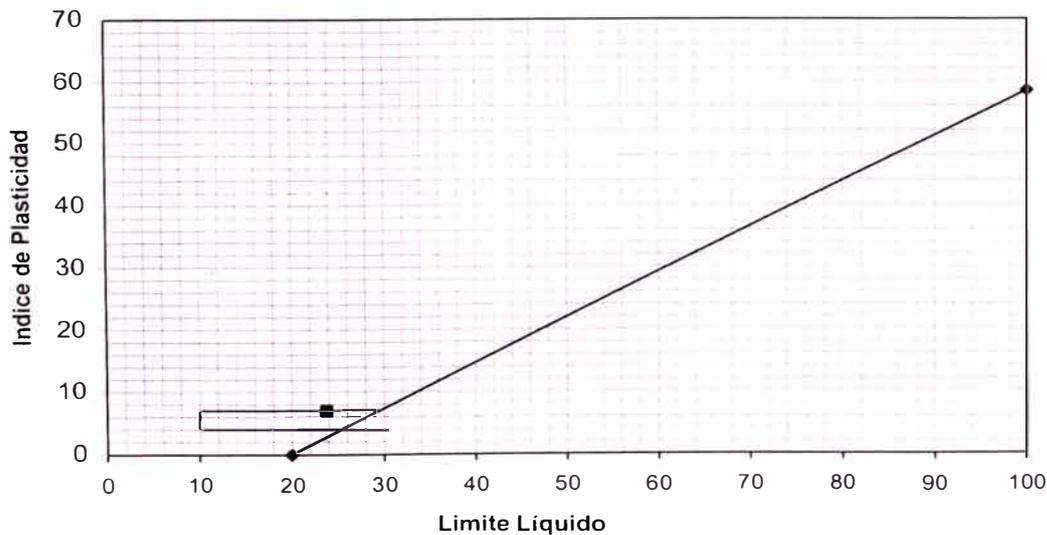
		LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)			
		1	2	1	2	3	4
ENSAYO No		1	2	1	2	3	4
CAPSULA N.		362	312	368	353	121	310
NUMERO DE GOLPES				15	25	27	40
1	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	14.51	13.22	25.39	24.33	29.49	24.55
2	PESO CAPSULA + SUELO SECO	14.13	12.84	22.67	22.03	26.57	22.14
3	PESO CAPSULA	11.85	10.60	11.67	12.41	14.13	11.65
4	PESO AGUA (1-2)	0.38	0.38	2.72	2.30	2.92	2.41
5	PESO SUELO SECO (2-3)	2.28	2.24	11.00	9.62	12.44	10.49
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5*100)	16.67	16.96	24.73	23.91	23.47	22.97
		L.P. =	16.82	L.L. =		23.77	

I.P. = 6.96

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD



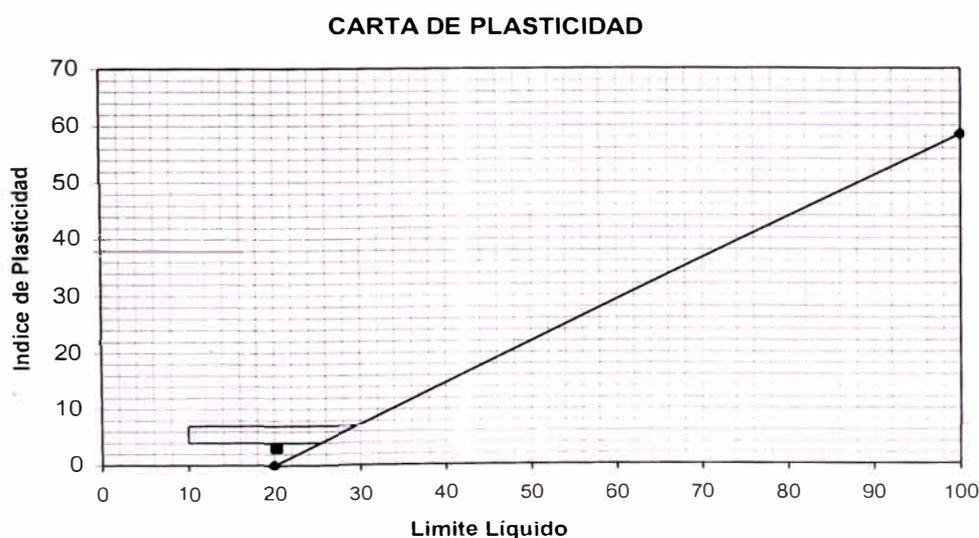
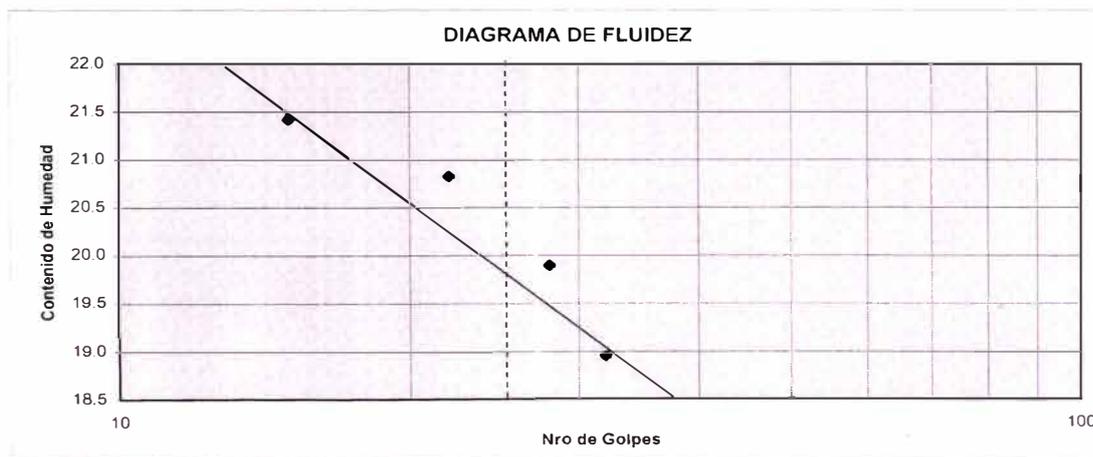


LIMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTE	GRUPO N°9	FECHA	0 DE MAYO 2007
PROYECTO	IMPERMEABILIZACION DE RECTORIO DE AGUA CON GEOMENBRANA HDPE	ENSAYO	-
LOCALIZACION	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE ING	OPERADOR	Y.F.A
SONDAJE	C - 2	REVISADO	ING. J. MARTINEZ
MUESTRA	M - 2	PROF (m) :	0.90-2.00

		LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)			
		1	2	1	2	3	4
ENSAYO No				1	2	3	4
CAPSULA N.		341	383	326	329	350	378
NUMERO DE GOLPES				15	22	28	32
1	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	14.38	12.91	28.71	23.86	27.09	29.21
2	PESO CAPSULA + SUELO SECO	14.08	12.64	25.81	21.53	24.44	26.25
3	PESO CAPSULA	12.35	11.05	12.27	10.34	11.12	10.63
4	PESO AGUA (1-2)	0.30	0.27	2.90	2.33	2.65	2.96
5	PESO SUELO SECO (2-3)	1.73	1.59	13.54	11.19	13.32	15.62
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5*100)	17.34	16.98	21.42	20.82	19.89	18.95
		L.P. =	17.16		L.L. =	20.27	

I.P. = 3.11



DESCRIPCION DEL MATERIAL FINO: ML

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

PROYECTO: IMPERMEABILIZACION DE RECERBORIO DE AGUA CON GEOMENBRANA HDPE
 SOLICITADO: GRUPO N°9
 UBICACION: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA: C - 1 MUESTRA: M - 1 PROF. (m.): 0.00-1.20
 ING. RESP: ING. J. MARTINEZ TECNICO: Y.F.A FECHA: 10 DE MAYO 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

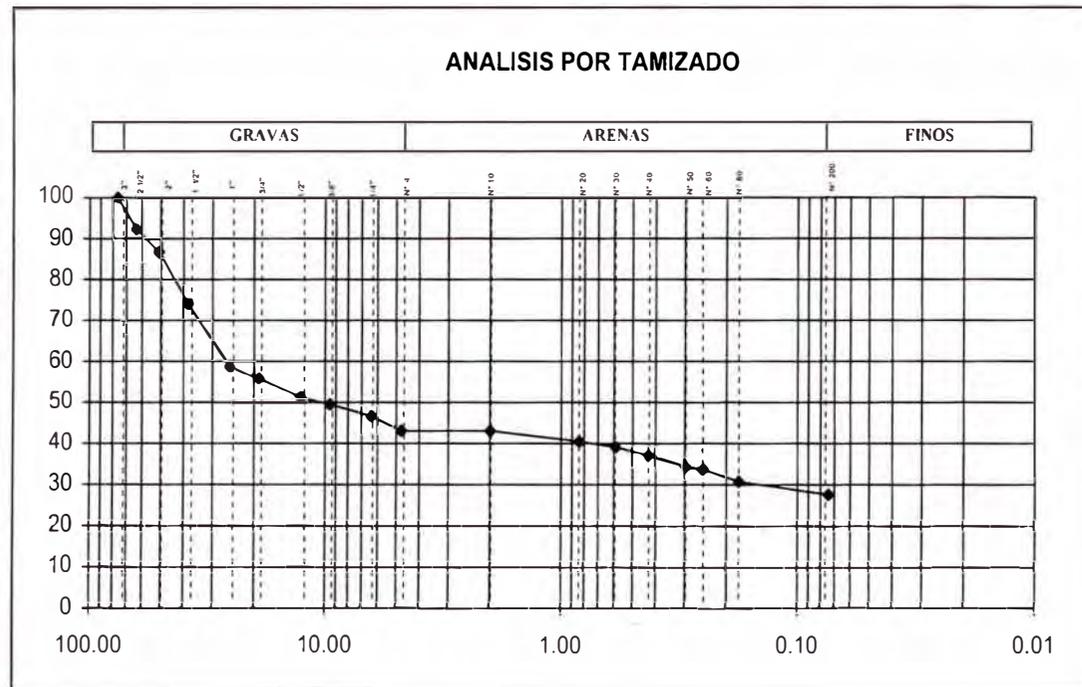
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%): 2.430
 PESO DE LA MUESTRA SECA (gr): 4556.080
 PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr): 3300.896
 PESOS DE FINOS LAVADOS (gr): 1255.184

Finos 2040.000
 Finos Tomados 224.000

4556.08

D60	26.352	Gravas	56.93	Gruesa	44.29
D30	0.154			Fina	12.64
D10	0.027	Arenas	15.52	Gruesa	0.00
Cu	981.062			Media	6.01
Cc	0.033	Finos	27.55	Fina	9.50

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		100.00
2 1/2"	63.500	354.00	92.23
2"	50.800	248.00	86.79
1 1/2"	38.100	584.00	73.97
1"	25.400	688.00	58.87
3/4"	19.050	144.00	55.71
1/2"	12.700	206.00	51.19
3/8"	9.525	78.00	49.47
1/4"	6.350	128.00	46.66
N° 4	4.760	164.00	43.07
N° 10	2.000	0.18	43.06
N° 20	0.840	117.76	40.48
N° 30	0.590	62.48	39.11
N° 40	0.426	93.80	37.05
N° 50	0.297	127.59	34.25
N° 60	0.250	29.60	33.60
N° 80	0.177	131.69	30.71
N° 200	0.074	143.80	27.55
FONDO		0.00	
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

PROYECTO: IMPERMEABILIZACION DE RECERBORIO DE AGUA CON GEOMENBRANA HDPE
 SOLICITADO: GRUPO N°9
 UBICACIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA: C - 1 MUESTRA: M - 2 PROF. (m): 1.20-1.50
 ING RESP: ING. J. MARTINEZ TECNICO: Y.F.A FECHA: 10 DE MAYO 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

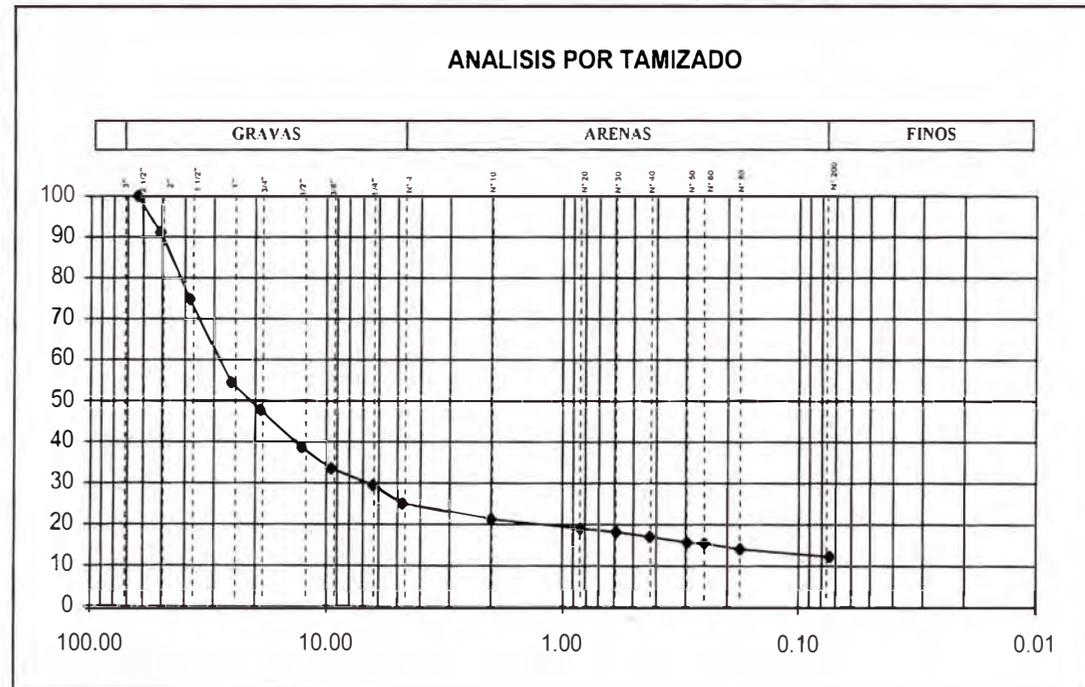
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) : 2.430
 PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) : 7573.000
 PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) : 6647.726
 PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) : 925.274

Finos 1890.000
 Finos Tomados 176.000

7573

D60	28.894	Gravas	75.03	Gruesa	52.21
D30	6.772	Arenas	12.75	Fina	22.82
D10	0.061			Gruesa	3.69
Cu	477.068			Media	4.26
Cc	26.203	Finos	12.22	Fina	4.81

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		100.00
2"	50.800	670.00	91.15
1 1/2"	38.100	1240.00	74.78
1"	25.400	1544.00	54.39
3/4"	19.050	500.00	47.79
1/2"	12.700	692.00	38.65
3/8"	9.525	388.00	33.53
1/4"	6.350	308.00	29.46
N° 4	4.760	340.00	24.97
N° 10	2.000	279.20	21.28
N° 20	0.840	172.78	19.00
N° 30	0.590	63.89	18.16
N° 40	0.426	85.91	17.02
N° 50	0.297	98.90	15.72
N° 60	0.250	20.73	15.44
N° 80	0.177	106.63	14.04
N° 200	0.074	137.67	12.22
FONDO		0.00	
Limos < 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



G. JOSE ALBERTO MARTINEZ DEL ROSARIO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

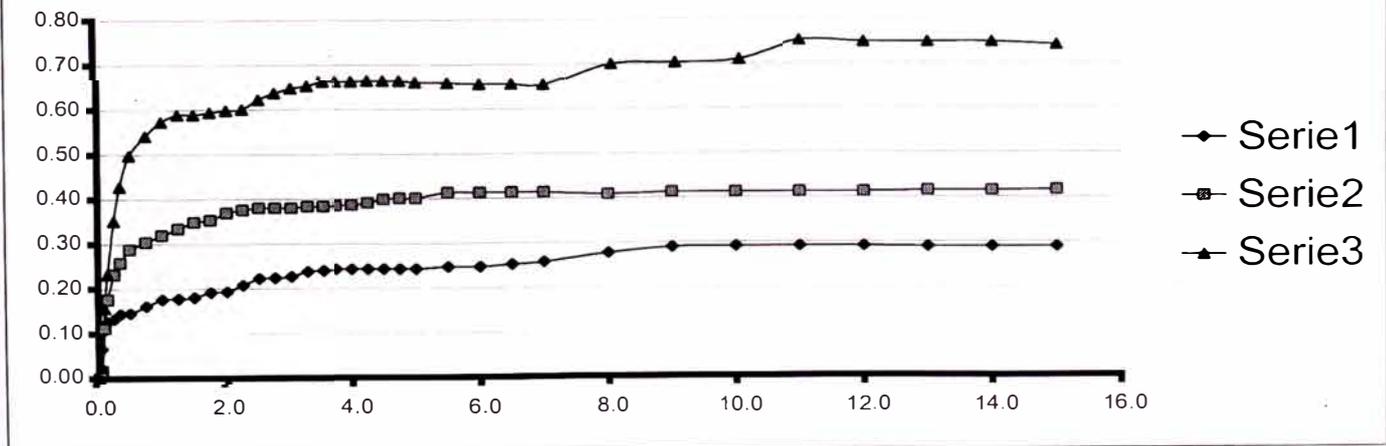
Solicitado: Ing. Jose Martinez Del Rosario
 Proyecto:
 Ubicación: Laboratorio Nacional De Hidraulica
 Constante Dial de carga: 0.451
 Muestra: C-1 M-3
 Descripción

FECHA: 11-MAYO-2007
 Area de Contacto: 28.2743
 Prof: ALTERADA
 γd = 1.34
 Peso = 75.78

Wfinal 1	14.55	%	Wfinal 2	15.51	%	Wfinal 3	14.88	%
(b)	(c)							

Carga	DATOS DE LABORATORIO						CALCULOS		
	0.5 Kg/cm ²			1 Kg/cm ²			1.5 Kg/cm ²		
	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	4.10	1.85	0.07	1.00	0.45	0.02	1.50	0.68	0.02
0.10	6.80	3.07	0.11	7.00	3.16	0.11	9.80	4.42	0.16
0.15	7.90	3.56	0.13	11.00	4.96	0.18	14.50	6.54	0.23
0.25	8.30	3.74	0.13	14.50	6.54	0.23	22.00	9.92	0.35
0.35	9.00	4.06	0.14	16.10	7.26	0.26	26.80	12.09	0.43
0.50	9.10	4.10	0.15	18.00	8.12	0.29	31.20	14.07	0.50
0.75	10.10	4.56	0.16	19.00	8.57	0.30	33.90	15.29	0.54
1.00	11.00	4.96	0.18	20.00	9.02	0.32	35.90	16.19	0.57
1.25	11.10	5.01	0.18	20.90	9.43	0.33	36.90	16.64	0.59
1.50	11.30	5.10	0.18	21.80	9.83	0.35	36.90	16.64	0.59
1.75	12.00	5.41	0.19	22.10	9.97	0.35	37.20	16.78	0.59
2.00	12.10	5.46	0.19	23.10	10.42	0.37	37.50	16.91	0.60
2.25	13.00	5.86	0.21	23.50	10.60	0.37	37.60	16.96	0.60
2.50	13.90	6.27	0.22	23.80	10.73	0.38	39.00	17.59	0.62
2.75	14.00	6.31	0.22	23.80	10.73	0.38	39.90	17.99	0.64
3.00	14.20	6.40	0.23	23.80	10.73	0.38	40.60	18.31	0.65
3.25	14.90	6.72	0.24	24.00	10.82	0.38	40.90	18.45	0.65
3.50	15.00	6.77	0.24	24.00	10.82	0.38	41.50	18.72	0.66
3.75	15.20	6.86	0.24	24.10	10.87	0.38	41.50	18.72	0.66
4.00	15.20	6.86	0.24	24.20	10.91	0.39	41.50	18.72	0.66
4.25	15.20	6.86	0.24	24.50	11.05	0.39	41.60	18.76	0.66
4.50	15.20	6.86	0.24	25.00	11.28	0.40	41.60	18.76	0.66
4.75	15.20	6.86	0.24	25.10	11.32	0.40	41.60	18.76	0.66
5.00	15.20	6.86	0.24	25.10	11.32	0.40	41.40	18.67	0.66
5.50	15.50	6.99	0.25	25.90	11.68	0.41	41.30	18.63	0.66
6.00	15.50	6.99	0.25	25.90	11.68	0.41	41.10	18.54	0.66
6.50	15.80	7.13	0.25	25.90	11.68	0.41	41.10	18.54	0.66
7.00	16.10	7.26	0.26	25.90	11.68	0.41	41.00	18.49	0.65
8.00	17.30	7.80	0.28	25.60	11.55	0.41	43.90	19.80	0.70
9.00	18.10	8.16	0.29	25.80	11.64	0.41	44.10	19.89	0.70
10.00	18.20	8.21	0.29	25.80	11.64	0.41	44.50	20.07	0.71
1.00	18.20	8.21	0.29	25.80	11.64	0.41	47.10	21.24	0.75
2.00	18.20	8.21	0.29	25.80	11.64	0.41	46.90	21.15	0.75
3.00	18.10	8.16	0.29	26.00	11.73	0.41	46.90	21.15	0.75
4.00	18.10	8.16	0.29	26.00	11.73	0.41	46.90	21.15	0.75
5.00	18.10	8.16	0.29	26.10	11.77	0.42	46.50	20.97	0.74

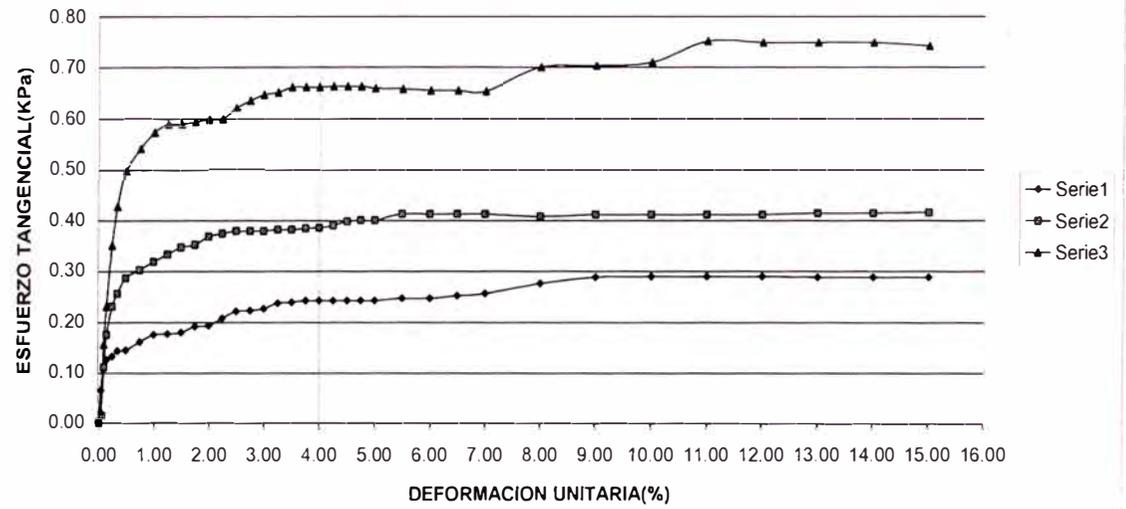
ENSAYO DE CORTE DIRECTO



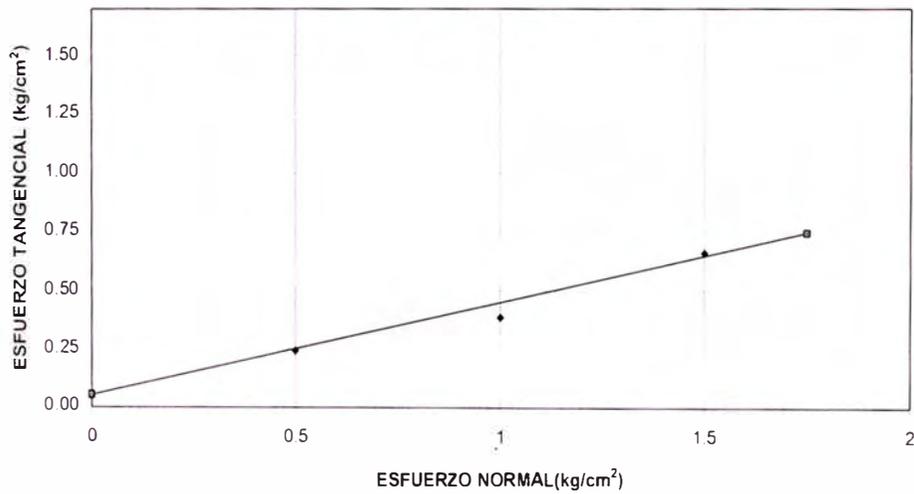
DEFORMACION UNITARIA(%)	ESFUERZO NORMAL(KG/CM2)			ALFA 12	ALFA23	ALFA13	PROM123	PROM12
	0.50	1.00	1.50					
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.0	0.0
0.05	0.07	0.02	0.02	-5.65	0.91	-2.4	-2.4	-2.4
0.10	0.11	0.11	0.16	0.37	5.10	2.7	2.7	2.7
0.15	0.13	0.18	0.23	5.65	6.37	6.0	6.0	6.0
0.25	0.13	0.23	0.35	11.19	13.46	12.3	12.3	12.3
0.35	0.14	0.26	0.43	12.76	18.85	15.9	15.8	15.8
0.50	0.15	0.29	0.50	15.85	22.84	19.4	19.4	19.3
0.75	0.16	0.30	0.54	15.85	25.42	20.8	20.7	20.6
1.00	0.18	0.32	0.57	16.02	26.90	21.7	21.5	21.5
1.25	0.18	0.33	0.59	17.36	27.04	22.4	22.3	22.2
1.50	0.18	0.35	0.59	18.52	25.72	22.2	22.2	22.1
1.75	0.19	0.35	0.59	17.86	25.72	21.9	21.8	21.8
2.00	0.19	0.37	0.60	19.34	24.67	22.1	22.0	22.0
2.25	0.21	0.37	0.60	18.52	24.22	21.4	21.4	21.4
2.50	0.22	0.38	0.62	17.53	25.87	21.8	21.7	21.7
2.75	0.22	0.38	0.64	17.36	27.19	22.4	22.3	22.3
3.00	0.23	0.38	0.65	17.03	28.19	22.8	22.7	22.6
3.25	0.24	0.38	0.65	16.19	28.33	22.5	22.3	22.3
3.50	0.24	0.38	0.66	16.02	29.17	22.9	22.7	22.6
3.75	0.24	0.38	0.66	15.85	29.03	22.8	22.5	22.4
4.00	0.24	0.39	0.66	16.02	28.89	22.8	22.6	22.5
4.25	0.24	0.39	0.66	16.52	28.61	22.8	22.7	22.6
4.50	0.24	0.40	0.66	17.36	27.90	22.8	22.7	22.6
4.75	0.24	0.40	0.66	17.53	27.76	22.8	22.7	22.6
5.00	0.24	0.40	0.66	17.53	27.47	22.7	22.6	22.5
5.50	0.25	0.41	0.66	18.35	26.16	22.4	22.3	22.3
6.00	0.25	0.41	0.66	18.35	25.87	22.2	22.1	22.1
6.50	0.25	0.41	0.66	17.86	25.87	22.0	21.9	21.9
7.00	0.26	0.41	0.65	17.36	25.72	21.7	21.6	21.5
8.00	0.28	0.41	0.70	14.83	30.28	23.0	22.7	22.6
9.00	0.29	0.41	0.70	13.80	30.28	22.5	22.2	22.0
10.00	0.29	0.41	0.71	13.63	30.82	22.8	22.4	22.2
11.00	0.29	0.41	0.75	13.63	34.20	24.7	24.2	23.9
12.00	0.29	0.41	0.75	13.63	33.95	24.6	24.1	23.8
13.00	0.29	0.41	0.75	14.15	33.69	24.7	24.2	23.9
14.00	0.29	0.41	0.75	14.15	33.69	24.7	24.2	23.9
15.00	0.29	0.42	0.74	14.32	33.06	24.4	23.9	23.7

C-1 M-3

ENSAYO DE CORTE DIRECTO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO



$\phi = 21.7$

$C = 0.053$

ANEXO II Especificaciones
Técnicas de la Geomembrana HDPE



Productos Estándar de GSE

Hoja de Información del Producto

GSE HDPE

GSE HDPE es una geomembrana de polietileno lisa de alta densidad (HDPE) y elevada calidad, fabricada exclusivamente con resina de polietileno virgen y específicamente diseñada para la producción de geomembranas flexibles. Está compuesta aproximadamente por un 97.5% de polietileno, 2.5% de negro de humo además de antioxidantes y termo-estabilizadores; no se emplean otros aditivos, ni rellenos ni plastificantes. La geomembrana GSE HDPE tiene excelentes propiedades mecánicas, resistencia química, resistencia al agrietamiento ambiental, estabilidad dimensional, resistencia al envejecimiento por temperatura y resistencia a la radiación UV por lo que es adecuada para aplicaciones expuestas a la intemperie. Estas especificaciones exceden GRI GM 13.

Especificaciones del Producto, HDPE Liso.

PROPIEDADES ENSAYADAS	METODO DE ENSAYO	FRECUENCIA	VALOR MINIMO/RANGO ADMISIBLE					
			HDS 075G00T	HDS 100G00T	HDS 150G00T	HDS 200G00T	HDS 250G00T	
Código del Producto								
Espesor Promedio Mínimo, mm Espesor Mínimo (menor de 10 lecturas), mm	ASTM D 5199	Cada Rollo	0.75 0.68	1.00 0.90	1.50 1.35	2.00 1.80	2.50 2.25	
Densidad, g/cm ³	ASTM D 1505	90,000 kg	>0.94	>0.94	>0.94	>0.94	>0.94	
Resistencia a la Tracción (cada dirección) Resistencia a la Rotura, N/mm (lb/in) Resistencia a la fluencia, N/mm (lb/in) Elongación a la Rotura, % Elongación a la fluencia, %	ASTM D 6693, Tipo IV Dumbell, 2 ipm G.L. 2.0 in (51 mm) G.L. 1.3 in (33 mm)	9,000 kg	20 (114) 11 (63) 700 12	27 (152) 15 (84) 700 12	40 (228) 22 (126) 700 12	53 (304) 29 (168) 700 12	67 (380) 37 (210) 700 12	
Resistencia al Desgarro, N (lb)	ASTM D 1004	18,000 kg	93 (21)	125 (28)	187 (42)	249 (56)	311 (70)	
Resistencia al Punzonamiento, N (lb)	ASTM D 4833	18,000 kg	240 (54)	320 (72)	480 (108)	640 (144)	800 (180)	
Contenido de Negro de Humo (Rango), %	ASTM D 1603	9,000 kg	2.0-30	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	2.0-3.0	
Dispersión de Negro de Humo	ASTM D 5596	18,000 kg	+Nota 1	+Nota 1	+Nota 1	+Nota 1	+Nota 1	
Resistencia al agrietamiento (NCTL), horas	ASTM D 5397, Apend.	90,000 kg	300	300	300	300	300	
Tiempo de Inducción a la Oxidación, minutos	ASTM D 3895, 200°C	90,000 kg	>100	>100	>100	>100	>100	
Envejecimiento al Horno 85°C, 90 días OIT retenido %	ASTM D 5721 ASTM D 3895	Fórmula	>55	>55	>55	>55	>55	
Envejecimiento Ultra Violeta, 1600 hrs OIT retenido %	GM11 ASTM D5885	Fórmula	>50	>50	>50	>50	>50	

DIMENSIONES

Longitud del Rollo (aproximado), m	Dimensiones para Contenedor de 40'	410	310	210	155	120
Ancho del Rollo, m		7.01	7.01	7.01	7.01	7.01
Area del Rollo, m ²		2,874	2,173	1,472	1,087	841

NOTAS:

- + Nota 1: La dispersión sólo es aplicable a aglomerados esféricos o semejantes. 9 de 10 vistas deben ser Categoría 1 o 2. No puede haber más de 1 vista en la Categoría 3.
- GSE HDPE está disponible en rollos que pesan cerca de 2,070 kg.
- Todas las geomembranas GSE tienen una estabilidad dimensional de ±2% según el ensayo ASTM D 1204, y Fragilidad a baja temperatura menor a -77° C según el ensayo ASTM D 746.

DS005SPHD R04/8/06

Esta información se suministra sólo como referencia y no corresponde en lo absoluto a garantía alguna. GSE no asume ninguna responsabilidad legal relacionada con el uso de esta información. Por favor verifique con GSE las normas mínimas del aseguramiento de calidad, las especificaciones y procedimientos.

GSE y otras marcas utilizadas en este documento son marcas registradas y marcas de servicio de GSE Lining Technology, Inc. algunas de las cuales están registradas en los Estados Unidos y otros países.

América del Norte
América del Sur
Asia/Pacífico
Europa/Africa
Medio Oriente

GSE Lining Technology, Inc.
GSE Lining Technology, Chile S. A.
GSE Lining Technology Company Ltd.
GSE Lining Technology GmbH.
GSE Lining Technology Egypt

Houston, Texas
Santiago, Chile
Bangkok, Thailand
Hamburg, Germany
The 6th of October City Egypt

Phone: 281-4438564
Phone: 56-2-595 4210
Phone: 66-2-9370091
Phone: 49-40-767420
Phone: 202-2-828 8888

Fax: 281-230-8650
Fax: 56-2-595 4290
Fax: 66-2-937-0097
Fax: 49-40-7674233
Fax: 202-2-828 8889

GSE Lining Technology Chile S.A.

Certified ISO 9001: 2000 by



n° 183178

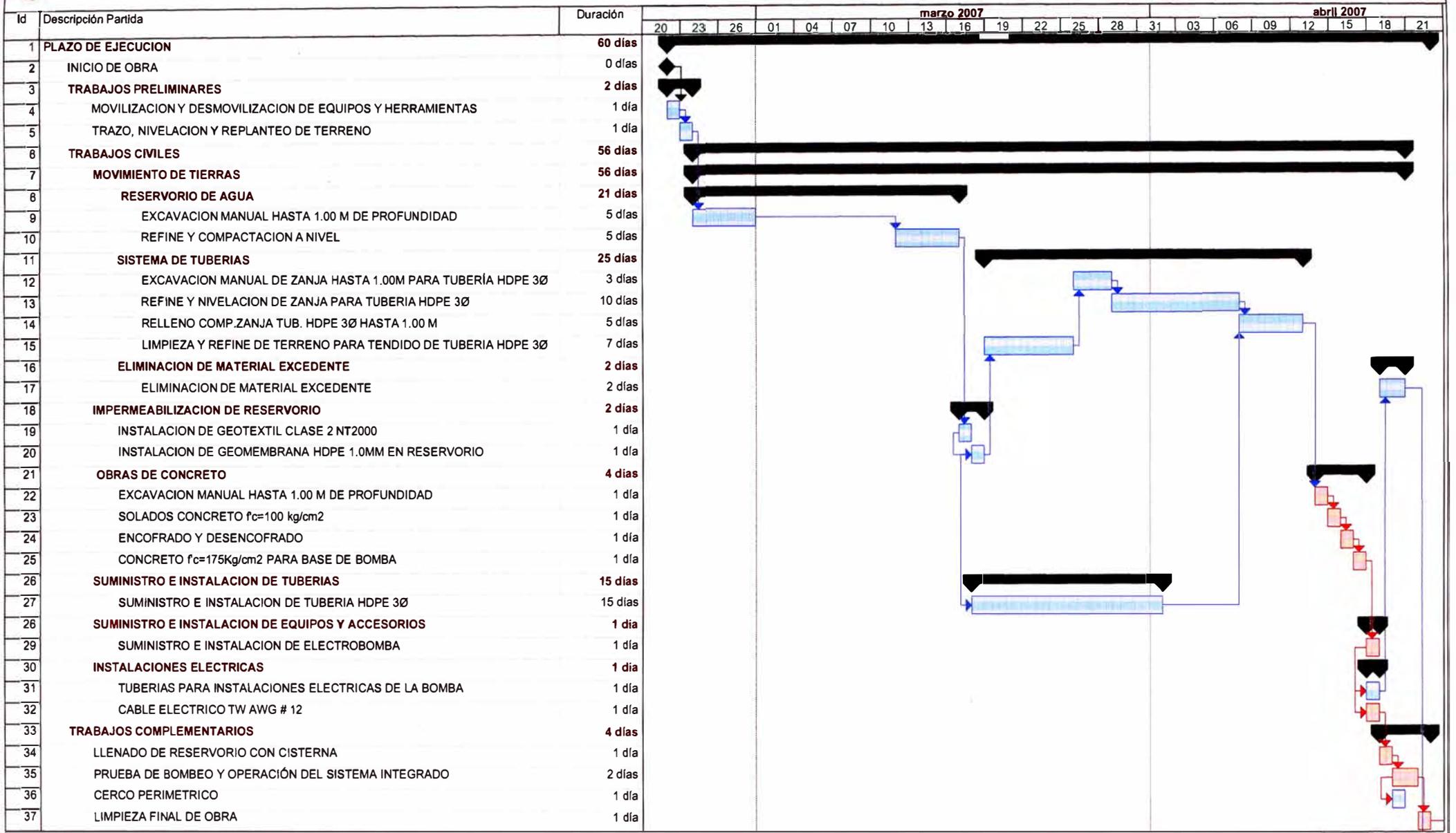


GRI - GM13 Certified

ANEXO III Cronograma de Obra



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIOS DE AGUA CON GEOMEMBRANAS



GRUPO N° 09	Tarea	[Barra azul]	Resumen	[Barra negra]	Progreso resumido	[Barra negra]	Agrupar por síntesis	[Barra negra]
	Tarea crítica	[Barra roja]	Tarea resumida	[Barra azul]	División	[Barra azul]	Fecha límite	[Icono]
	Progreso	[Barra negra]	Tarea crítica resumida	[Barra roja]	Tareas externas	[Barra azul]		
	Hito	[Diamante negro]	Hito resumido	[Diamante blanco]	Resumen del proyecto	[Barra azul]		

ANEXO IV Planos

277000

277050

277100

277150

277200



8670650

8670625

8670600

8670575

8670550

8670525

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

IMPERMEABILIZACION DE RESERVOIRIO DE AGUA CON
GEOMEMBRANA HDPE

INFORME SUFICIENCIA
DISEÑO E INSTALACION DE
GEOMEMBRANA

BACH.
SECLÉN PALACIN DEBORA K.

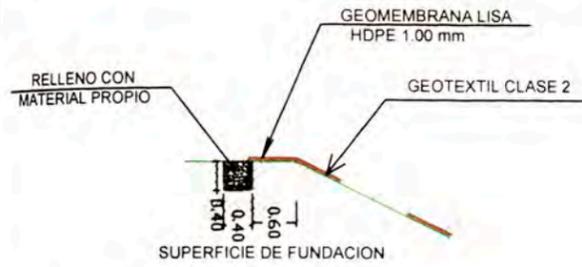
CURSO DE TITULACION
APLICACION DE GEOSINTETICOS EN
OBRAS DE INGENIERIA CIVIL

Fecha
MARZO2007

Escala
1/100

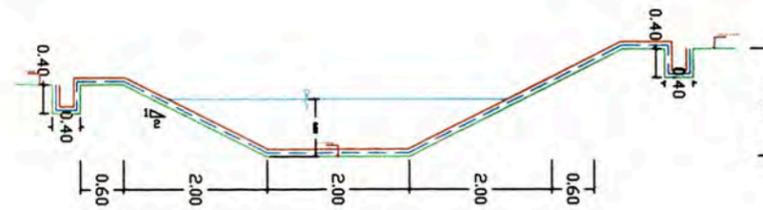
PLANO
P-01

Ubicacion
C.E.I. INGENIERITOS - UNI

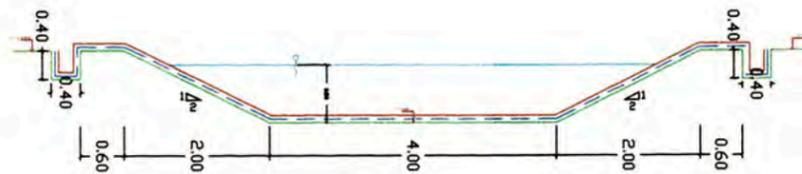


DETALLE TIPICO DE ZANJA DE ANCLAJE EN POZA

ESCALA 1:50

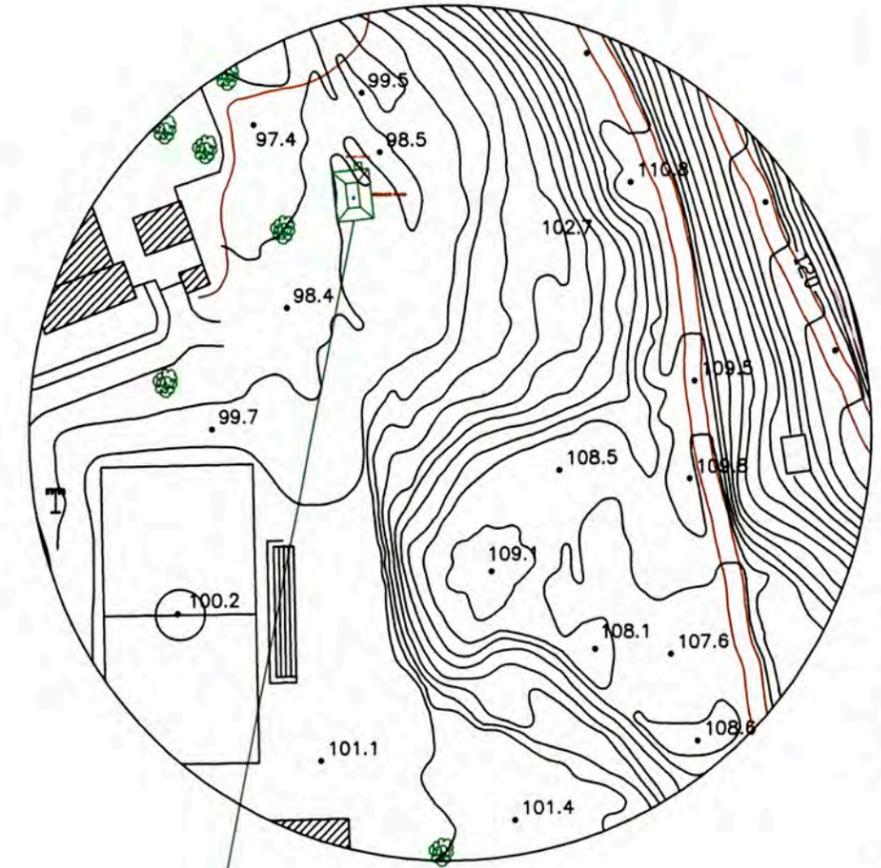


CORTE A - A



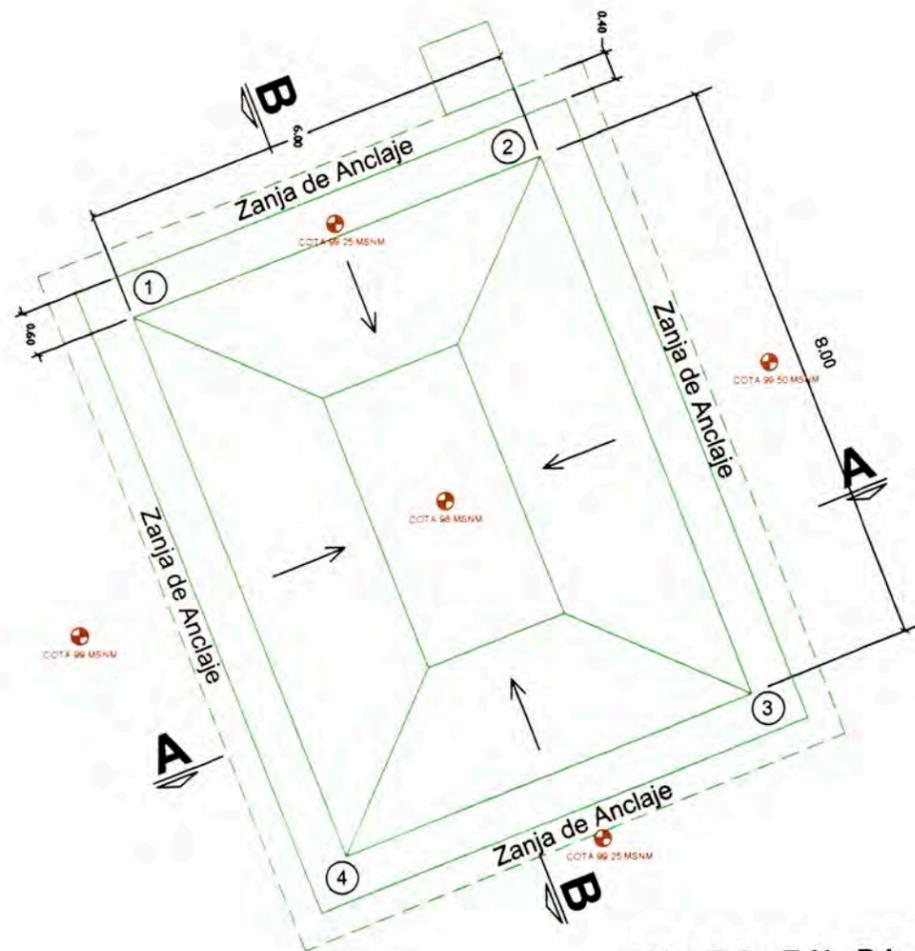
CORTE B - B

ESCALA 1:50



UBICACION

ESCALA 1:10



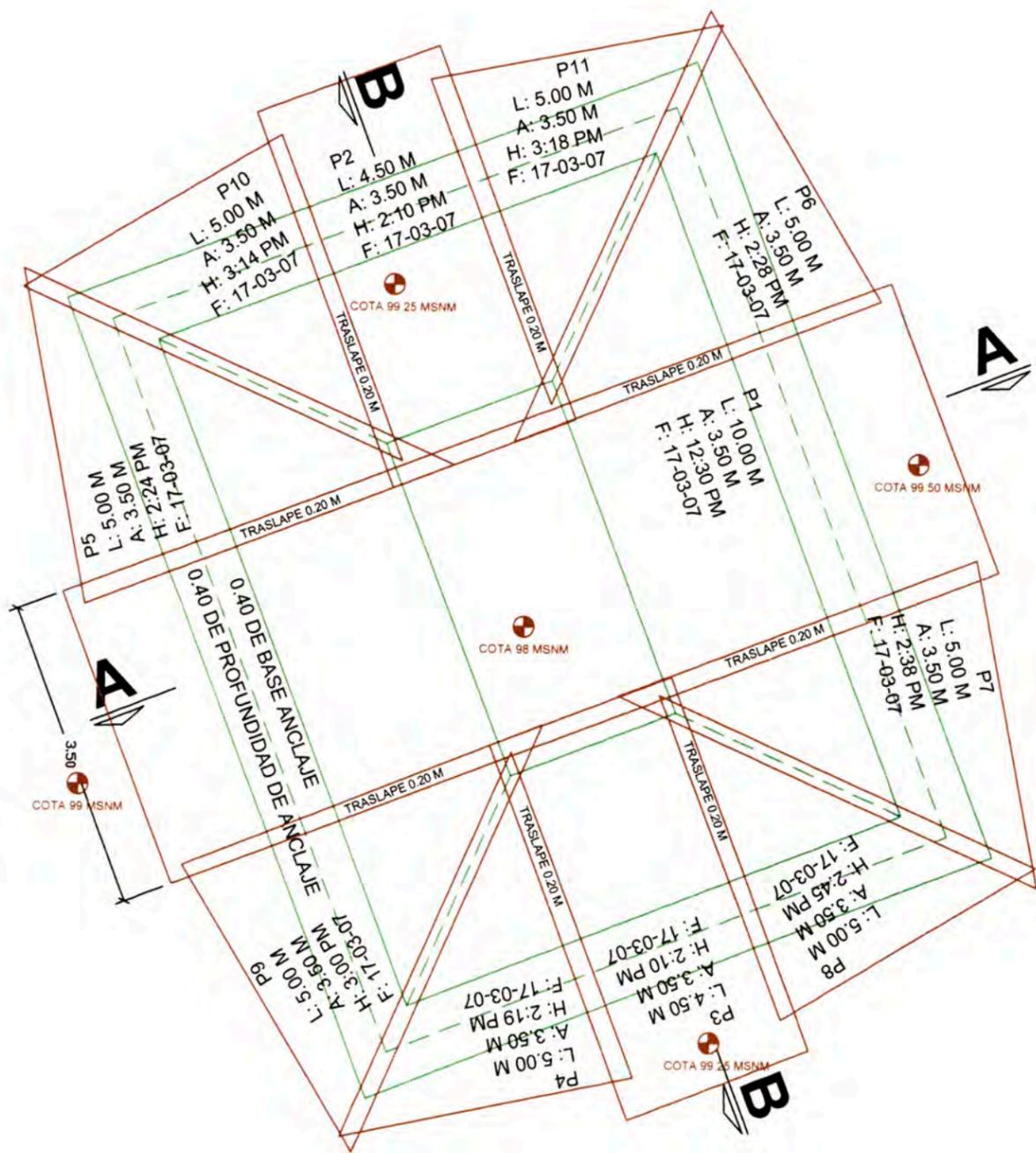
VISTA EN PLANTA

ESCALA 1:100

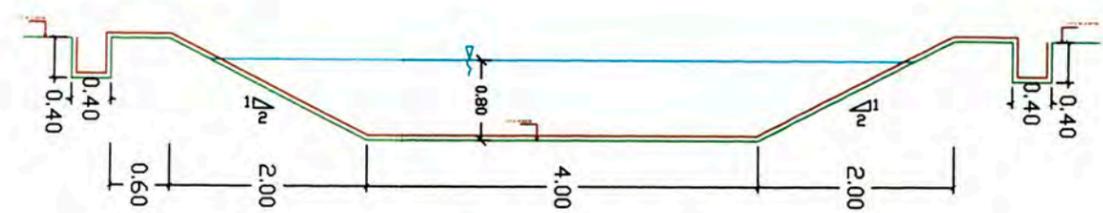
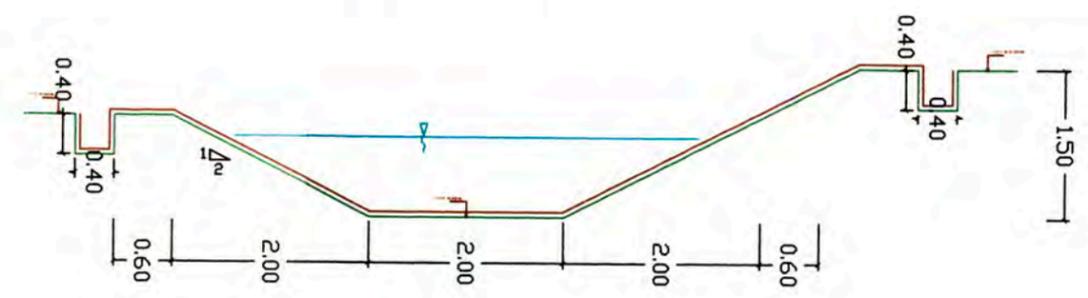
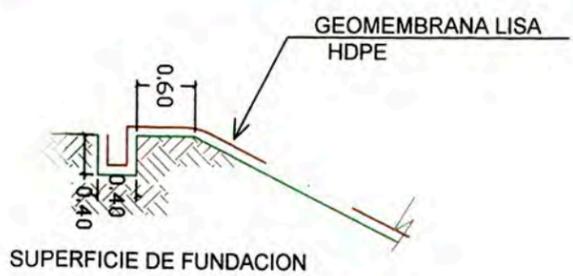
CORDENADAS DE UBICACION		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	8'670,587.0003	277,077.5202
2	8'670,587.6935	277,083.4800
3	8'670,579.7471	277,084.4042
4	8'670,579.0539	277,078.4444

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		INFORME SUFICIENCIA	
Descripción:		DISEÑO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA	
Proyecto:		BACH. SECLEN PALACIN DEBORA K.	
UBICACION DEL PROYECTO		CURSO DE TITULACION	
IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE		APLICACION DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	
Fecha:	Escala:	PLANO:	Ubicacion:
MARZO2007	1/100	P-02	C.E.I. INGENIERITOS - UNI

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



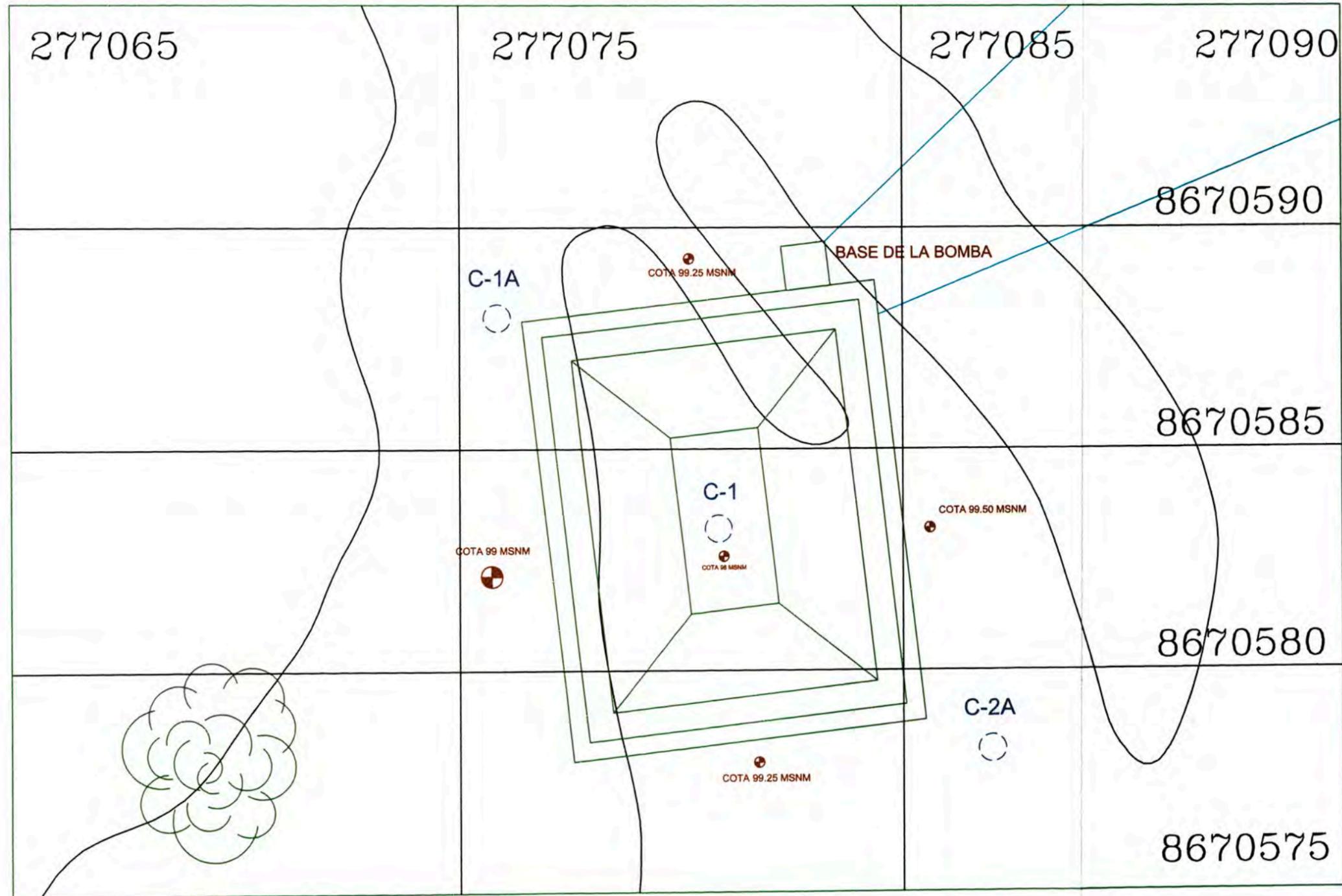
COLEGIO INICIAL INGENIERITOS



Ensayo de Granulometría - (ASTM - D422)	
Límite Líquido (%) ASTM D4318	23.3
Límite Plástico (%) ASTM D4318	18.5
Índice de Plasticidad (%)	4.8
Clasificación SUCS	GP-GC
Ensayo de Corte Directo - (ASTM - 2080)	
Ángulo de fricción interna	33.9°
Cohesión (kg/cm²)	1.71
Ensayo de Densidad Máxima Mínima - (ASTM - D4254)	
Densidad máxima (gr/cm³)	1.71
Densidad mínima (gr/cm³)	1.45
Densidad natural - Cono 12" (gr/cm³)	2.17
Clasificación SUCS	GP-GC

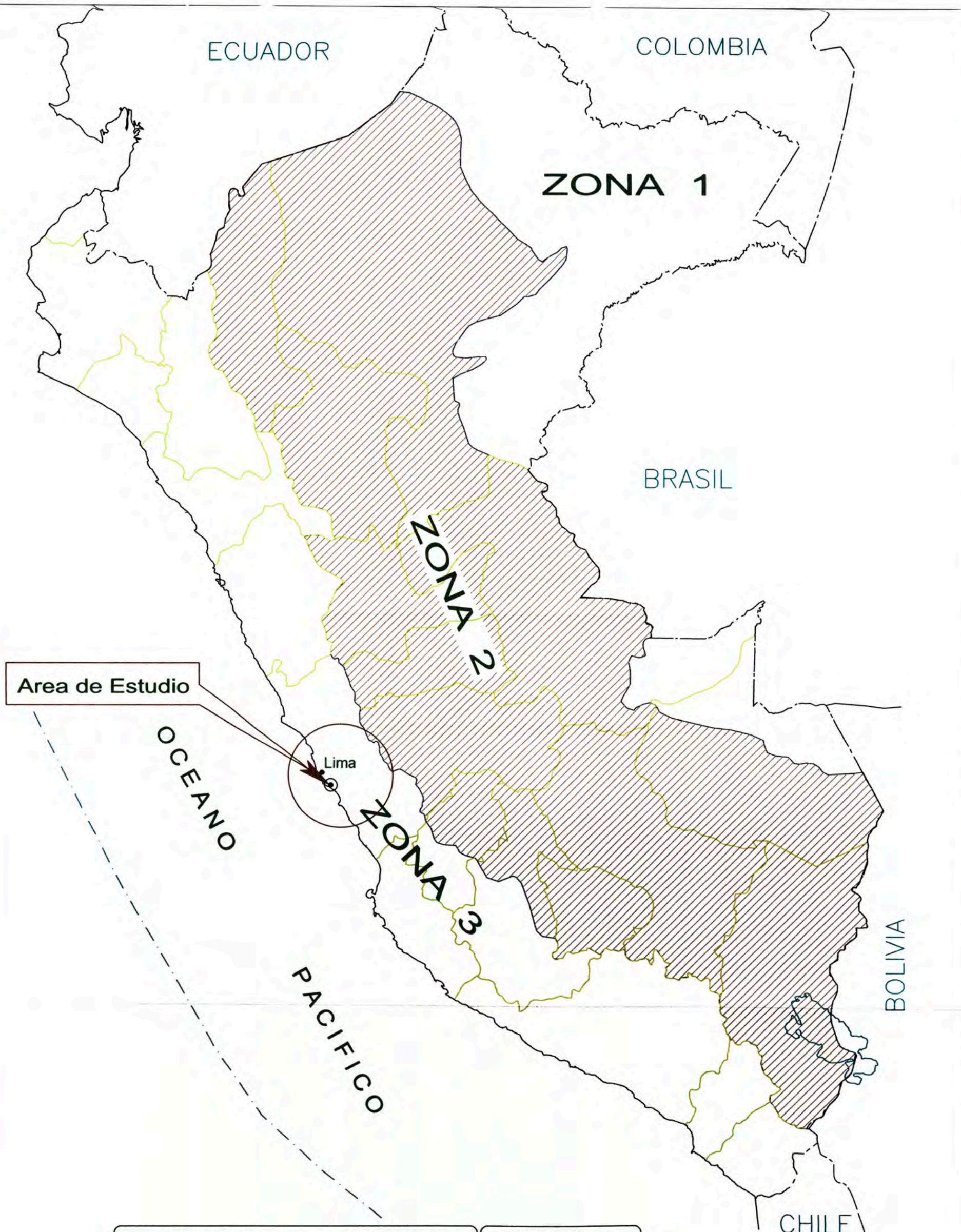
CARACTERÍSTICAS DE LA GEOMEMBRANA HDPE	
CARACTERÍSTICAS	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)
CRISTALINIDAD (%)	80 - 95
DENSIDAD (gr/cm³)	0.94 - 0.97
PUNTO DE FUSIÓN (°C)	HASTA 135
ESTABILIDAD QUÍMICA	EXCELENTE
ELONGACION A RUPTURA (%)	20 - 30
MODULO ELASTICO (N/mm²)	1000
COEFICIENTE DE EXPANSION LINEAL (K ⁻¹)	2 x 10 ⁻⁴
RESINA (%)	96 - 97
FILLER (%)	0
NEGRO HUMO (%)	2.3
ADITIVOS (%)	0.5 - 1.0
PLASTIFICANTES (%)	0

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		INFORME SUFICIENCIA	
Descripción:		DISEÑO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA	
Proyecto:		BACH. SECLÉN PALACIN DEBORA K.	
PLANO DETALLE DE INSTALACION DE GEOMEMBRANA		CURSO DE TITULACION	
IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE		APLICACION DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	
Fecha	Escala	PLANO	Ubicación
MARZO2007	1/100	P-03	C.E.I. INGENIERITOS - UNI



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		INFORME SUFICIENCIA	
Descripción:		DISEÑO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA	
UBICACION DE CALICATAS		BACH. SECLÉN PALACIN DEBORA K.	
Proyecto:		CURSO DE TITULACION	
IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE		APLICACION DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	
Fecha	Escala	PLANO	Ubicacion
MARZO2007	1/100	P-04	C.E.I. INGENIERITOS - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
Descripción:		PLANO ZONIFICACION SISMICA	
Proyecto:		IMPERMEABILIZACION DE RESERVOIRO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE	
Fecha		Escala	Ubicacion
MARZO2007		1/100	C.E.I. INGENIERITOS - UNI
		PLANO	
		P-05	
		INFORME SUFICIENCIA DISEÑO E INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA BACH. SECLÉN PALACIN DEBORA K. CURSO DE TITULACION APLICACION DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL	

ANEXO V Acta de Recepción de
Terreno.



ACEPTACION DE PREPARACION DE TERRENO PARA INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA

NOMBRE DE PROYECTO: Impermeabilización de reservorios de agua con geomembranas

USUARIO: Grupo 9 S.A.

NUMERO DE PROYECTO: 009-03-07

FECHA: 17/03/2007

LOCACION: Universidad Nacional de Ingeniería - C.E. Ingenieritos

Este documento solo se aplica para la aceptación de la condición del terreno para la instalación de Geosintéticos.

AMANCO DEL PERU no acepta la responsabilidad por la compactación, elevación, contenido o condición del mantenimiento del terreno durante el trabajo.

La estructura integrada de preparación y mantenimiento del terreno es responsabilidad del dueño o ejecutor de la obra.

Por AMANCO DEL PERU:

Ing. Cesar Carvalho Niquen

POR EJECUTOR:



Número de Aceptación: 009-03-07

Area Aceptada: 80.0m²

Total Area aceptada a la fecha: 80.0m²



ACEPTACIÓN DE LA SUPERFICIE

Proyecto: Impermeabilización de reservorios de agua con geomembranas	Ubicación: Universidad Nacional de Ingeniería
Cliente: Facultad de Ingeniería Civil - UNI	Sector: C.E. Ingenieritos
Contratista: Grupo N° 9 S.A.	Reportado por: Débora Seclén Palacín
Contrato N° 009-03-07	Fecha: 17/03/2007

El Representante debidamente autorizado por Amanco del Perú S.A. certifica que bajo inspección visual el suelo encuentra las características para la instalación de 116.80 metros cuadrados(m2) de Geomembrana HDPE de e= 1.00 mm.

Bajo las firmas, Amanco del Perú S.A. no se responsabiliza por el diseño del subsuelo, grado de compactación, integridad, elevaciones, o mantenimiento en cualquiera de sus formas del subsuelo.

Tamaño aproximado del área: 80 m2

Descripción del Area:

El área del proyecto está compuesto por material gravoso mal gradado y gravoso arcilloso, el área del reservorio en el fondo tiene una inclinación de 0% y en la superficie de 1.5%; las dimensiones de área del reserorio de agua son de 6.00 m de ancho y 8.00 m de largo, con una pendiente de 1V:2H y una profundidad de 1.00 m.



N° 1 de Latinoamérica en Tubosistemas

Débora Seclén Palacín

Janet Zuñiga Rivas

Representante de Amanco S.A
Ing. Cesar Carvallo Niquen

Encargado de Instal. Geomembrana
Grupo N° 9 S.A.

Control de Calidad



ACEPTACION DE CONDICIONES : SUPERFICIE DE APOYO GEOMEMBRANAS

Proyecto: Impermeabilización de reservorios de agua con geomembranas	Ubicación: Av. Tupac Amaru 210 - Rímac
Cliente: Facultad de Ingeniería Civil - UNI	Sector: C.E. Ingenieritos
Contratista: Grupo N° 9 S.A.	Reportado por: Débora Karina Seclén Palacín
Contrato N° 009-03-07	Fecha: 17/03/2007

SUBCONTRATISTA: AMANCO S.A.
AREA DE UBICACIÓN: C.E. Ingenieritos
AREA A SER APROBADA: Superficie del reservorio protegido con Geotextil No Tejido

El abajo firmante, representante autorizado del instalador, acepta las condiciones de la superficie y será responsable de mantener la integridad y adaptabilidad de dicha superficie de acuerdo a las especificaciones, desde esta fecha hasta completar la instalación. El instalador no se hace responsable por las condiciones del subsuelo bajo la camada.



N° 1 de Latinoamérica en Tubosistemas

Empresa a Cargo de Ensayos

Fecha: 17/03/2007

Janet Zufiga Rivas

Encargado de Control de Calidad

Fecha: 17/03/2007

Débora Karina, Seclén Palacín

Encargado de Instal. de Geomembrana

Fecha: 17/03/2007

ANEXO VI Formularios de
Instalación de Geomembrana.

ANEXO VII

**Brochure del Instalador
de la Geomembrana**



Nº 1 de Latinoamérica en Tubosistemas

AMANCO DEL PERU S.A.

Datos de la Empresa

- **RUC:** 20305909611
- **Razón Social:** AMANCO DEL PERU S.A.
- **Nombre Comercial:** AMANCO
- **Tipo Empresa:** Sociedad Anonima
- **Fecha Constitución:** 24 / Mayo / 1996
- **Actividad Comercial:** Fab. De Productos De Plásticos.
- **CIIU:** 25200

- **Dirección Legal:** Avenida Nugget 555
- **Referencia:** Cerca A La Fabrica Basa
- **Distrito / Ciudad:** El Agustino
- **Departamento:** Lima
- **Teléfonos:** 3620016 / 3623791 / 3620062

Representantes Legales de AMANCO DEL PERU S.A.

- **Gerente General:** Alarco Boggio Franklin Guillermo Javier
- **Representante:** Morales Dasso Jose Miguel
- **Controller:** Piskulich Johnson Reynaldo Gerardo
- **Gte.de Recursos Hum.:** Velasquez Milla Julian Roge

Descripción de la Empresa

El Grupo Amanco es una empresa líder en Latinoamérica en la producción y mercadeo de soluciones para la conducción de fluidos (Tubosistemas) y sistemas de construcción livianos (Construsistemas).

Visión

Queremos ser reconocidos como un Grupo empresarial líder en Latinoamérica conformado por empresas que crean valor económico operando dentro de un marco de ética, de eco-eficiencia y de responsabilidad social, de manera que podamos contribuir a mejorar la calidad de vida de la gente.



Nº 1 de Latinoamérica en Tubosistemas

Misión Tubosistemas

Producir y comercializar rentablemente soluciones completas, innovadoras y de clase mundial para la conducción y control de fluidos operando en un marco de ética, eco-eficiencia y responsabilidad social.

Misión Construsistemas

Producir y comercializar rentablemente productos y soluciones para la industria de la construcción con énfasis en sistemas livianos operando en un marco de ética, eco-eficiencia y responsabilidad social.

Valores

Nuestros Clientes:

Todos nuestros colaboradores buscan constantemente anticipar y satisfacer las necesidades cambiantes de nuestros clientes a través de nuestros productos y servicios: trabajando con estándares de clase mundial.

Nuestros Colaboradores:

El respeto mutuo es la base de las relaciones entre todos los colaboradores de nuestras empresas. Respetamos la individualidad y la integridad de cada uno. Promovemos el trabajo en equipo como la mejor forma de relacionarnos. Desarrollamos un ambiente de trabajo que fomente la máxima sinergia entre nuestros colaboradores y empresas para el logro de nuestras metas. Brindamos oportunidades para su desarrollo profesional, así como programas de capacitación y de motivación para la mejora de destrezas y para atraer y mantener a los mejores. Proporcionamos condiciones laborales sanas y seguras. La pasión y el entusiasmo son atributos esenciales de nuestra gente. Nuestros colaboradores son protagonistas en los esfuerzos del Grupo en pro del desarrollo sostenible.

Nuestras Comunidades:

Interactuamos de manera responsable y ética con nuestras comunidades en América Latina y trabajamos por mejorar la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras. La sociedad nos ofrece oportunidades. Por ello dedicamos una parte de nuestros esfuerzos y talentos al mejoramiento de la sociedad. Nuestras empresas promueven la responsabilidad social y ambiental en todas nuestras operaciones y entre todos aquellos con quienes realizamos negocios.



º 1 de Latinoamérica en Tubosistemas

Clientes de Amanco

Los clientes de Amanco son muy variados: Empresas constructoras, compañías de acueducto y alcantarillado; negocios agrícolas; proyectos de infraestructuras privados y gubernamentales, operadores privados de proyectos hídricos, de telecomunicaciones de gas y aguas residuales; municipalidades y plomeros y constructores privados. Atendemos a toda esta gama de clientes a través de distintos canales de distribución y de ventas directas a algunos clientes estratégicos. Nuestros canales de ventas son igualmente variados; grandes distribuidores, pequeños y medianos depósitos de materiales de construcción y almacenes de cadena especializados en la construcción. Las ventas a través de los distintos canales dependen de estrategias específicas para cada país, diseñadas con base en la relación costo-servicio y en las necesidades y en la satisfacción del consumidor.

ANEXO VIII Memoria Gráfica

Foto N° 1



Foto N° 1: Estado inicial de terreno donde fue ejecutado el proyecto

Foto N° 2



Foto N° 2: Trazo y replanteo de la zona donde se realizara la obra.

Foto N° 3



Foto N° 3: Colocación de la cinta de seguridad

Foto N° 4



Foto N° 4: Excavación de Reservorio

Foto N° 5



Foto N° 5: Toma de muestras para Ensayos de Suelos

Foto N° 6



Foto N° 6: Cono para realizar el ensayo de Densidad

Foto N° 7



Foto N° 7: Conformación y Refine de fondo y paredes de reservorio de agua

Foto N° 8



Foto N° 8: Traslado de los geosintéticos a pie de obra.

Foto N° 9

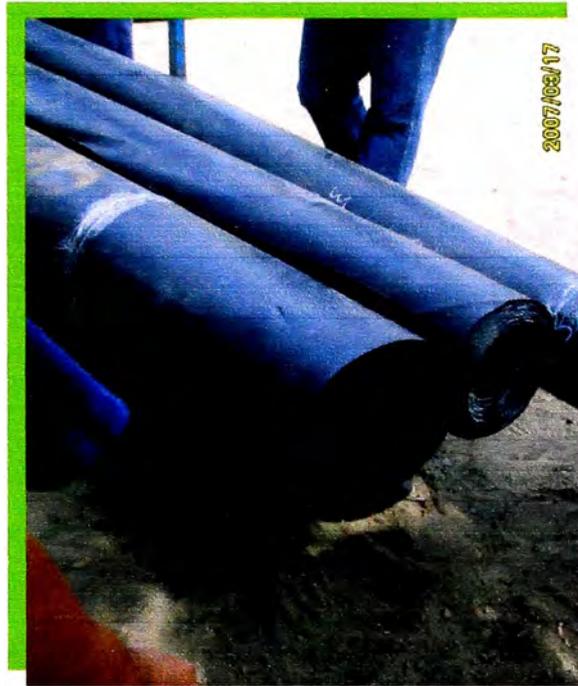


Foto N° 9: Rollos de geomembrana y geotextil a pie de obra.

Foto N° 10



Foto N° 10: Instalación de Geotextil

Foto N° 11



Foto N° 11: Verificando el traslape entre paños

Foto N° 12



Foto N° 12: Sellado por calor de uniones entre paños de geotextil

Foto N° 13



Foto N° 13: Vista general de tendido de geotextil en Reservorio de Agua

Foto N° 14



Foto N° 14: Corte de paneles de geomembrana en zona adyacente para facilitar su instalación

Foto N° 15

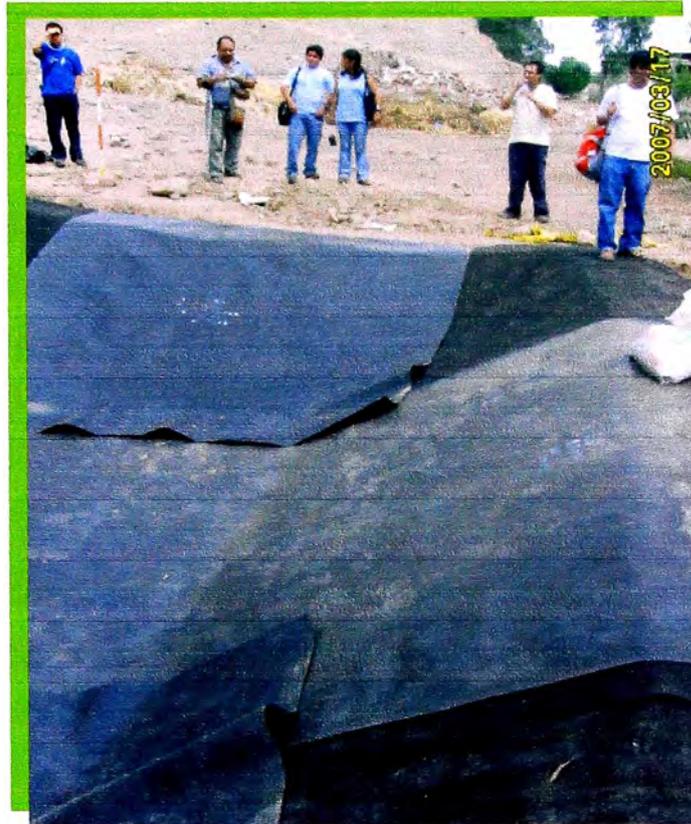


Foto N° 15: Tendido de paneles de geomembrana en la poza.

Foto N° 16



Foto N° 16: Ajuste de los paneles en la zanja de anclaje.

Foto N° 17



Foto N° 17: Colocación de paneles en los taludes de las esquinas.

Foto N° 18



Foto N° 18: Colocación de paneles de geomembrana HDPE 1.0 mm de espesor

Foto N° 19



Foto N° 19: Identificación de Paneles

Foto N° 20



Foto N° 20: Datos de los paneles instalados

Foto N° 21

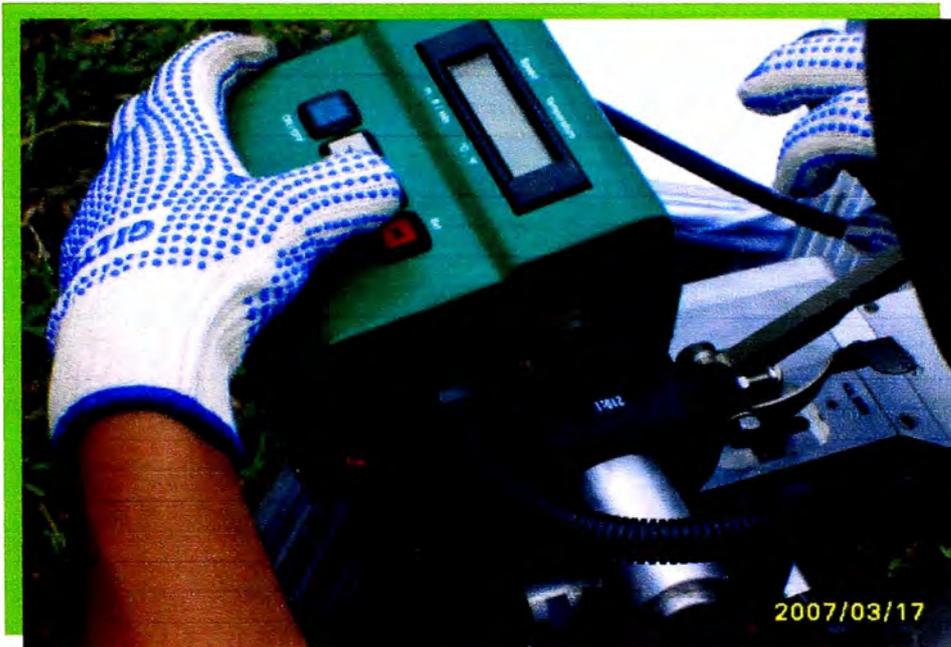


Foto N° 21: Calibración de la soldadora de cuña caliente.

Foto N° 22



Foto N° 22: Prueba de la calibración de la cuña.

Foto N° 23



Foto N° 23: Toma de pruebas iniciales a cupones de geomembrana soldados

Foto N° 24



Foto N° 24: Soldadura por termofusión entre paneles de geomembrana para asegurar la impermeabilidad del reservorio

Foto N° 25

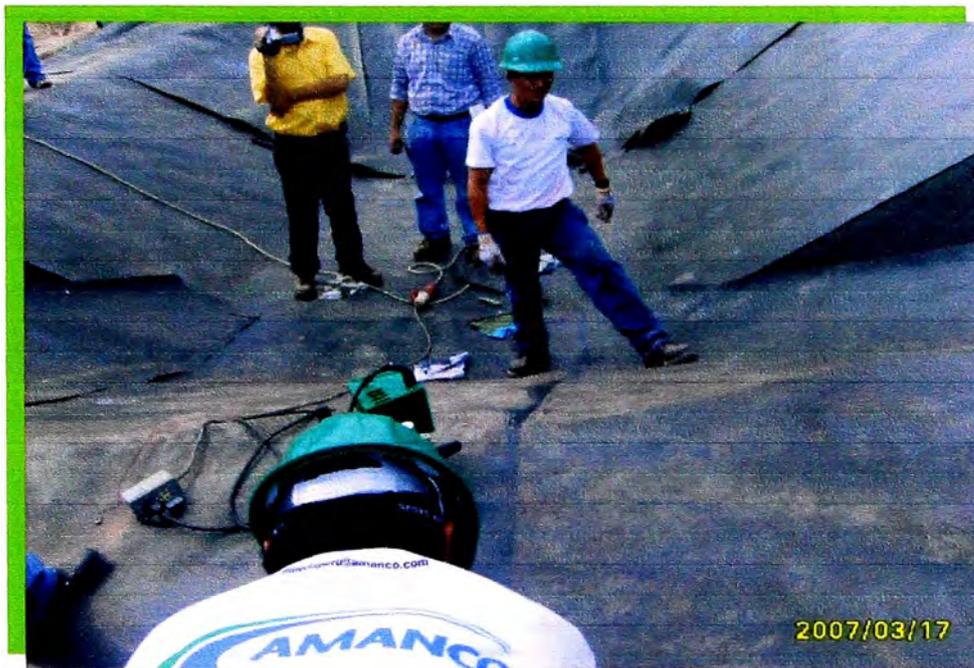


Foto N° 25: Proceso de soldadura por termofusión con la cuña caliente.

Foto N° 26

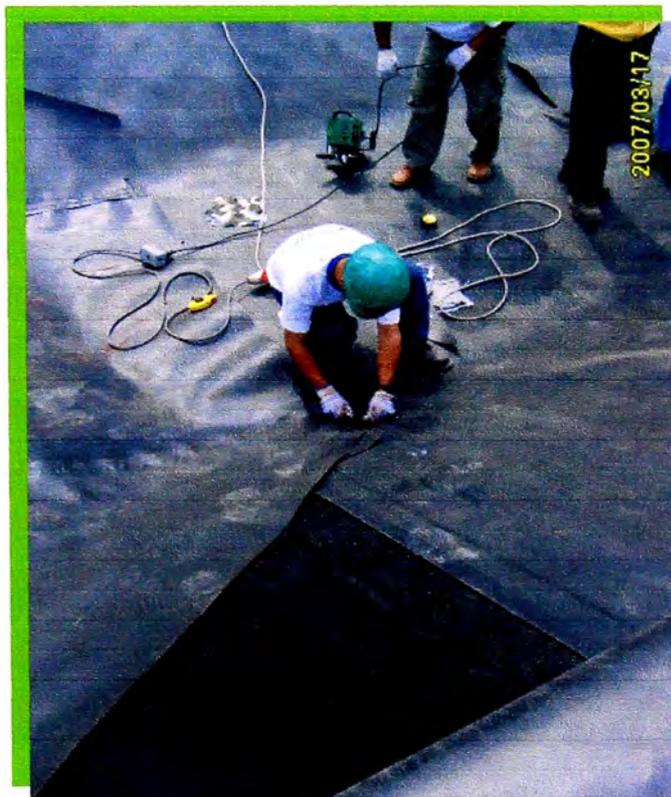


Foto N° 26: Verificando la soldadura por termofusión.

Foto N° 27

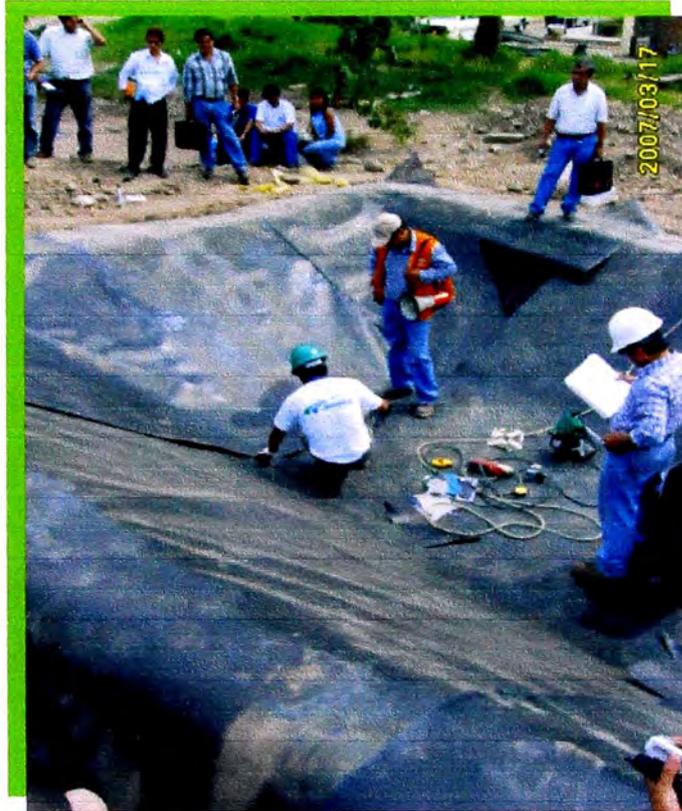


Foto N° 27: Vista panorámica de la instalación de geomembrana

Foto N° 28



Foto N° 28: Llenado de formatos los paneles finales instalados

Foto N° 29

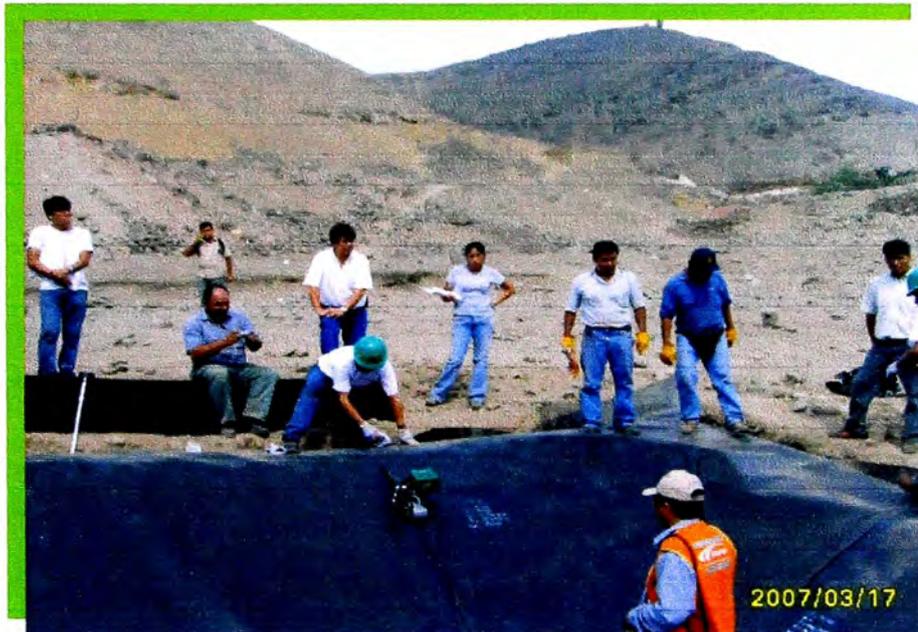


Foto N° 29: Soldado de un cordón por termofusión con la cuña caliente.

Foto N° 30



Foto N° 30: Vista de l identificación de paneles y los cordones de soldadura por termofusión.

Foto N° 31

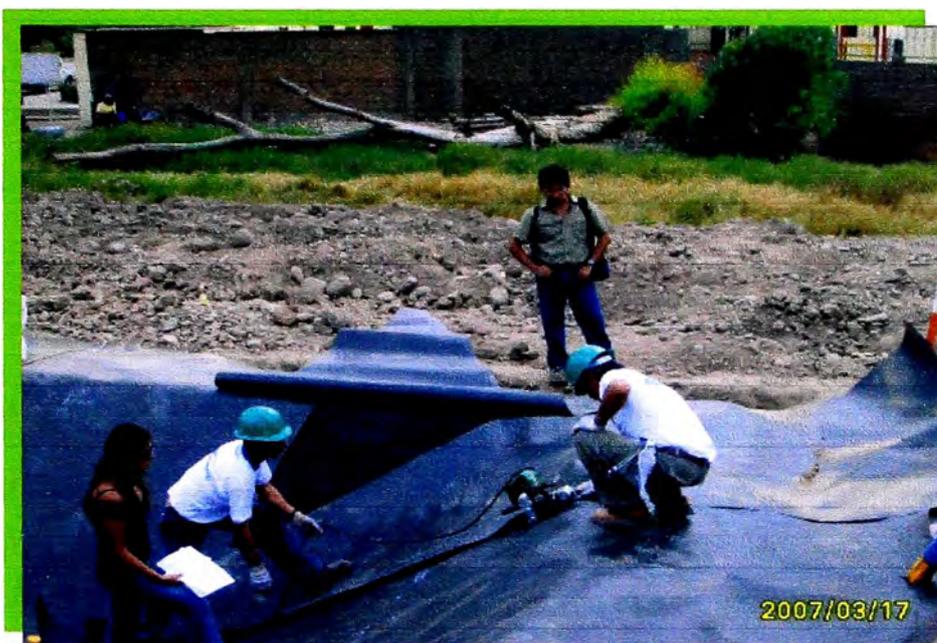


Foto N° 31: Soldadura en el talud de las esquinas de la poza.

Foto N° 32



Foto N° 32: Control de Calidad durante la ejecución del proyecto, verificando la soldadura y marcando zonas de reparaciones

Foto N° 33



Foto N° 33: Poza impermeabilizada por temrofusión

Foto N° 34



Foto N° 34: Soldadura para geomembrana por el Sistema de Extrusión

Foto N° 35



Foto N° 35: Soldadura para geomembrana por el Sistema de Extrusión

Foto N° 36



Foto N° 36: Soldadura por extrusión en el pie del talud.

Foto N° 37

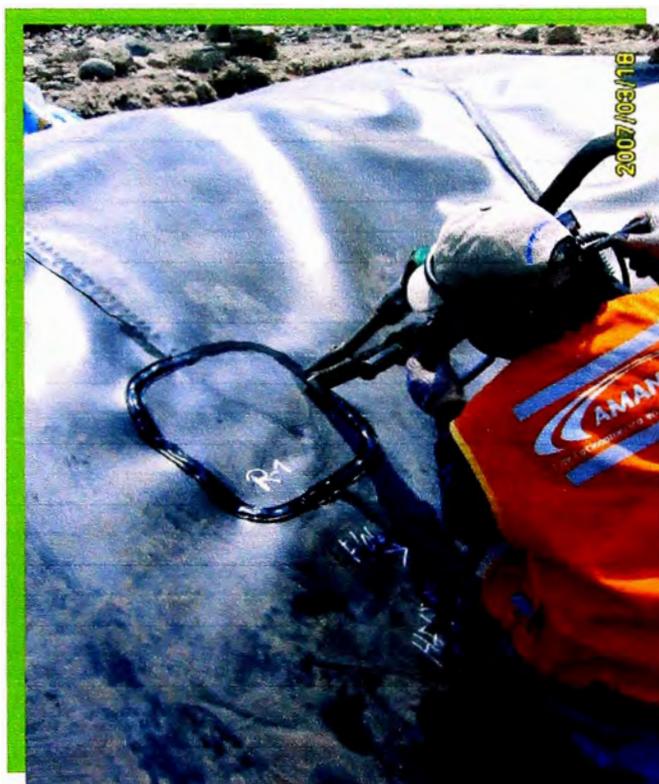


Foto N° 37: Soldadura por extrusión con la leister, para parches

Foto N° 38



Foto N° 38: Poza totalmente impermeabilizada.

Foto N° 39



Foto N° 39: Llenado de Reservorio para prueba de impulsión hacia el Reservorio N°2

Foto N° 40



Foto N° 40: Impulsión del agua hacia la poza N° 2.

Foto N° 41

Foto N° 41: Nivel final de Reservorio N° 1, en la parte inferior, se observa la línea de succión con válvula de pie y canastilla para evitar ingreso de material sólido al sistema.

ANEXO IX Acta de Recepción de
Obra



ACEPTACIÓN DE RECEPCION DE OBRA

Proyecto: Impermeabilización de reservorios de agua con geomembranas	Ubicación: Universidad Nacional de Ingeniería
Cliente: Facultad de Ingeniería Civil - UNI	Sector: C.E. Ingenieritos
Contratista: Grupo N° 9 S.A.	Reportado por: Débora Seclén Palacín
Contrato N° 009-03-07	Fecha: 23/04/2007

Descripción del Area:

Siendo las 12:30 pm. del día 23 de abril del 2007, se reunieron en el lugar de la obra de construcción del proyecto IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE, ubicado en el area denominada Ingenieritos, de la ciudad universitaria, la comision de recepcion de obras la Ing. Ana Torre Carrillo, representante del propietario la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA y la Supervision el Sr. Hector Bossio Cruzado, a fin de llevar a cabo la recepcion de obras.

La comision fue recibida por el Grupo N° 09, con quien luego de una revision de la obra, cada uno dio los alcances acordados con el coordinador, y de la documentacion solicitada, procediendo a deliberar al respecto. Decidiendo recibir formalmente las obras, firmando esta acta como señal de conformidad.

Ana Torre Carrillo

Hector Bossio Cruzado

Grupo N° 9 S.A.

Ing. Ana Torre Carrillo
Coordinador de Curso

Bach. Hector Bossio C.

Grupo N° 9 S.A.



ACEPTACION DE CONDICIONES : SUPERFICIE DE APOYO GEOMEMBRANAS

Proyecto: Impermeabilización de reservorios de agua con geomembranas	Ubicación: Av. Tupac Amaru 210 - Rímac
Cliente: Facultad de Ingeniería Civil - UNI	Sector: C.E. Ingenieritos
Contratista: Grupo N° 9 S.A.	Reportado por: Débora Karina Seclén Palacín
Contrato N° 009-03-07	Fecha: 17/03/2007

SUBCONTRATISTA: AMANCO S.A.
AREA DE UBICACIÓN: C.E. Ingenieritos
AREA A SER APROBADA: Superficie del reservorio protegido con Geotextil No Tejido

El abajo firmante, representante autorizado del instalador, acepta las condiciones de la superficie y será responsable de mantener la integridad y adaptabilidad de dicha superficie de acuerdo a las especificaciones, desde esta fecha hasta completar la instalación. El instalador no se hace responsable por las condiciones del subsuelo bajo la camada.



N° 1 de Latinoamérica en Tubosistemas

Empresa a Cargo de Ensayos

Fecha: 17/03/2007

Janet Zufiga Rivas

Encargado de Control de Calidad

Fecha: 17/03/2007

Débora Karina, Seclén Palacín

Encargado de Instal. de Geomembrana

Fecha: 17/03/2007