

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**



**IMPERMEABILIZACIÓN DE RESERVORIOS DE AGUA CON  
GEOMEMBRANAS**

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL DE  
AMORTIGUAMIENTO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**OFELIA ALFARO MONTEAGUDO**

**Lima- Perú**

**2007**

## **Agradecimiento**

**A mis queridos padres (Roger y Marisa), por su apoyo constante;  
a mis hermanos y amigos, quienes me apoyan en forma directa  
e indirecta a cumplir cada una de mis metas trazadas.**

## Índice

RESUMEN .....	4
LISTA DE CUADROS .....	6
LISTA DE FIGURAS .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
CAPITULO 1: GENERALIDADES .....	12
1.1 Marco Teórico .....	12
1.2 Reseña histórica de geosintéticos .....	12
1.2.1 Reseña histórica del Geotextil No Tejido .....	13
1.3 Descripción de geosintéticos .....	13
1.4 Composición química de los geosintéticos .....	14
1.5 Definición de Geotextil .....	16
1.6 Clasificación del Geotextil .....	16
1.6.1 Clasificación del Geotextil de acuerdo al proceso de fabricación .....	16
1.6.2 Clasificación del Geotextil de acuerdo a su composición .....	19
1.7 Proceso de fabricación del Geotextil .....	19
1.8 Normas para Geotextiles .....	20
1.9 Traslape para la instalación de Geotextil No Tejido .....	21
1.9.1 Unión por costura .....	21
1.9.2 Unión por aire caliente .....	22
CAPITULO 11: MEMORIA DESCRIPTIVA .....	23
21 Ubicación del terreno y acceso .....	23
2.2 Descripción de los trabajos .....	23
2.2.1 Trabajos preliminares .....	24
2.2.2 Trabajos civiles .....	27
2.2.3 Instalación del Geotextil de amortiguamiento .....	29

CAPITULO 111:METODOLOGÍA DE DISEÑO .....	31
3.1 Criterios Generales .....	31
3.1.1 Factor de seguridad global .....	32
3.1.2 Factores de modificación .....	33
3.1.3 Factores de reducción .....	34
3.2 Parámetros de diseño .....	35
3.2.1 Factores considerados para diseño del geotextil de amortiguamiento para geomembrana .....	35
CAPITULO IV: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL GEOTEXTIL DE AMORTIGUAMIENTO .....	39
4.1 Propiedades Técnicas .....	40
4.1.1 Propiedades Físicas .....	40
4.1.2 Propiedades Mecánicas .....	41
4.1.3 Propiedades Hidráulicas .....	41
CAPÍTULO V: INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL PARA AMORTIGUAMIENTO DE GEOMEMBRANA .....	42
5.1 Consideraciones de almacenaje y manipuleo .....	42
5.2 Procedimiento para instalación de Geotextil .....	43
5.2.1 Control de calidad .....	44
5.2.2 Reparaciones .....	45
CONCLUSIONES .....	46
RECOMENDACIONES .....	48
BIBLIOGRAFÍA .....	49

## **ANEXOS**

**Anexo - 1: Planos del Proyecto**

**Anexo - 2 Cronograma del Proyecto**

**Anexo - 3 Mecánica de Suelos**

**Anexo - 4: Panel Fotográfico**

## RESUMEN

Los geosintéticos son materiales que se fabrican a partir de varios tipos de polímeros, compuestas básicamente de polipropileno, poliéster, poliamida y polietileno, se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usado en contacto con el suelo.

Los Geotextiles no Tejidos son geosintéticos permeables, se emplea generalmente para filtrar y conducir fluidos, separar suelos de diferentes características, y para proteger a las geomembranas de los posibles cortes o rasgaduras de materiales punzocortantes.

El objetivo general, del presente informe es la sistematización de los conocimientos y prácticas relacionadas con el uso adecuado del Geotextil de protección y amortiguamiento para la geomembrana.

El área donde se desarrollaron los trabajos de impermeabilización del reservorio se encuentra ubicado en terreno de propiedad de la UNI; el reservorio de agua proyectado tiene las siguientes características geométricas: Corona de 6.00 x 8.00 m; base de 2.00 x 4.00 m, profundidad neta 1.00 m, talud 2H:1 V, Volumen de almacenamiento útil 18.00 m<sup>3</sup>.

El agua que se almacenará en el reservorio construido, será bombeada a otro reservorio superior con cota de fondo 114.00 msnm; desde el cual por gravedad se irrigará la ladera del cerro en la cual se ha aplicado una cobertura vegetal con el propósito de controlar la erosión;

El reservorio de agua será impermeabilizado con geomembrana y a fin de proteger la geomembrana de cortes y punzonamientos se colocará un geotextil de amortiguamiento entre el suelo natural y la geomembrana.

Para diseñar y definir el geotextil de amortiguamiento más apropiado, se ha considerado los factores de seguridad más convenientes, la presión generada debido al contenido de agua en el reservorio y la presión admisible del Geotextil.

Empleando los conceptos mencionados en el diseño, se obtiene que el gramaje por metro cuadrado del geotextil de amortiguamiento a utilizar es  $178.95\text{gr/m}^2$ ; de acuerdo con la Norma EG 2000, el gramaje calculado para el geotextil clasifica como un Geotextil Clase 2

Para la instalación del Geotextil, este debe ser colocado sobre la subrasante preparada suelto y libre de arrugas y dobleces en la dirección de la construcción; el traslape entre los paneles de geotextil serán como mínimo 30cm.

La instalación del Geotextil no Tejido, fué realizada de manera rápida y secuencial, debido a su fácil manipulación y adaptación a diversos tipos de pendientes; el geotextil No Tejido regulariza la superficie irregular de las paredes y base del reservorio de agua, cumpliendo la función de protección de la geomembrana.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1: Primeros geosintéticos empleados

Cuadro 1.2: Primeros países en utilizar geosintéticos

Cuadro 1.3: Unidades repetidas de polímeros utilizados para la fabricación de los geosintéticos

Cuadro 1.4: Normas para Geotextiles

Cuadro 2.1: Características geométricas del reservorio construido

Cuadro 3.1: Factores de seguridad global para el diseño

Cuadro 3.2: Factor de modificación por forma de la protuberancia

Cuadro 3.3: Factor de modificación por densidad del relleno

Cuadro 3.4: Factor de modificación por efecto de arco en sólidos

Cuadro 3.5: Factor de reducción por carga diferida

Cuadro 3.6: Factor de reducción por degradación química y biológica a largo plazo

Cuadro 4.1: Características técnicas generales de Geotextiles

Cuadro 4.2: Propiedades del Geotextil Clase 2



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 Geotextil Tejido Monofilamento Calandrado
- Figura 1.2 Máquina Tricotosa
- Figura 1.3 Geotextil Tejido Monofilamento
- Figura 1.4 Geotextil No Tejido (Punzonado)
- Figura 1.5 Geotextil No Tejido (termosoldados)
- Figura 1.6 Procedimiento básico de fabricación de Geotextil
- Figura 3.1 Vista en corte de reservorio de agua construido
- Figura 5.1 Transporte de Geotextil No tejido a pie de Obras
- Figura 5.2 Almacenaje en obra de Geotextil No tejido.
- Figura 5.3 Almacenamiento de rollos de Geotextil No Tejido en almacén.
- Figura 5.4 Colocación de Geotextil de amortiguamiento

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de reducir el flujo de agua a través de un medio permeable ha sido resuelta en forma tradicional empleando materiales de menor permeabilidad como concreto o suelos finos compactados, años atrás se usaba la arcilla para impermeabilización de reservorios de tierra ocasionando contaminación en los suelos

El crecimiento en la conciencia ambiental, así como el desarrollo de nuevas tecnologías, exigen el uso de materiales adecuados que no atenten contra el medio ambiente y ecosistema, siendo los materiales con mayor aceptación para este proyecto el Geotextil y la Geomembrana.

Si bien, para la impermeabilización óptima de un reservorio se emplea una geomembrana, es muy importante asegurar su supervivencia ante el rasgado o punzonamiento que esta podría sufrir durante la instalación y funcionamiento. Por lo tanto, es vital utilizar un material que sirva de amortiguamiento para la geomembrana, siendo viable el empleo del geotextil de protección.

Cabe mencionarse que anteriormente se usaban reservorios de concreto que tenían contacto directo con el agua trayendo como consecuencia problemas de corrosión y por consiguiente un tiempo de vida útil mucho menor al que otorga hoy en día el uso adecuado de geosintéticos de impermeabilización y su respectivo geotextil de protección o amortiguamiento.

La justificación del presente informe viene dada porque se ha proyectado, revegetar el talud de una zona específica, para lo cual se ha establecido un sistema de abastecimiento de agua, que pueda proveer el volumen necesario de agua hasta el afianzamiento de las especies que se proyecten para la revegetación.

Entre las estructuras planteadas para el sistema mencionado, está la construcción de un reservorio de agua impermeabilizado con geomembrana. Por

lo cual es importante controlar los factores que influyen en la durabilidad de la geomembrana, durante la instalación y en su etapa de operación.

Estos factores son el rasgado y el punzonamiento a los que esta expuesta la geomembrana, por tal motivo es de vital importancia el uso de un geotextil de amortiguamiento mas conveniente, para proteger la geomembrana, asegurando así la durabilidad de esta y con ello el funcionamiento óptimo del reservorio.

El *planteamiento del problema* está referido, a la construcción de un reservorio de agua impermeabilizado con geomembrana, el proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Lima, distrito del Rímac en la Universidad Nacional de Ingeniería; zona baja del Cerro Arrastre (99msnm aproximadamente), en la parte posterior del C.E.I "Los Ingenieritos".

El reservorio es de 6.0 m de ancho y 8.0 m de largo, con taludes de 1V:2H y 1.0 m de profundidad, con una capacidad de almacenaje de 20.0 m<sup>3</sup> considerando un borde libre de 0.20 m., el volumen de agua del reservorio servirá para abastecer el riego de un talud revegetado de aproximadamente 75 m<sup>2</sup> con la finalidad de controlar la erosión.

El problema principal lo conforma la superficie del terreno sobre el cual se colocará la geomembrana para el reservorio de agua, ya que dicha superficie está compuesta por materiales angulosos y/o punzocortantes, por lo cual es muy importante definir un geotextil de protección y amortiguamiento para la geomembrana, a fin de asegurar que la geomembrana cumpla con su función de impermeabilización.

El presente informe está constituido por cuatro capítulos, en el Capítulo I se presenta las generalidades del Informe describiendo inicialmente el marco conceptual donde se concentra el tema principal del informe y posteriormente se describe los conceptos teóricos referente a los geosintéticos concentrándose específicamente en el geotextil no tejido; el Capítulo II corresponde a la memoria descriptiva del proyecto (ubicación del terreno, accesos y descripción de los trabajos previos a la instalación del geotextil de amortiguamiento); el Capítulo III desarrolla los criterios generales y parámetros considerados para realizar el diseño de la protección con geotextil No Tejido mas adecuado para una

geomembrana ya definida; en el Capítulo IV se detalla las propiedades técnicas que se consideran para los Geotextiles No Tejidos de protección; y finalmente el Capítulo V, describe las consideraciones de almacenaje y manipulación, y el procedimiento para la instalación del Geotextil No Tejido.

## **OBJETIVOS**

Objetivo general:

- Sistematización de los conocimientos y prácticas relacionadas con el uso adecuado del geotextil de protección y amortiguamiento para la geomembrana.

Objetivos específicos:

- Guía de Diseño con Geotextil.
- Consideraciones para el uso e instalación del Geotextil de amortiguamiento

## **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

- Recopilación de información. Esta etapa consiste en conseguir la información necesaria referente al geotextil de amortiguamiento para geomembrana, para lo cual se considera el material bibliográfico recomendado por los especialistas en el campo de los geosintéticos, tesis de grado, páginas web de instituciones internacionales dedicadas a la investigación de los geosintéticos enfocados en los geotextiles, entre otros. También se considerará la información de las clases teóricas dictadas en el curso integrador, conformado por los expositores de las diferentes empresas con experiencia en el uso de geosintéticos en el campo de la construcción.
- Análisis de la información. En esta etapa la información recopilada es analizada y comparada, se anexa la información más relevante.

- Ensayos de Laboratorio. Se realizarán ensayos de suelos (densidad natural, análisis granulométrico por tamizado y corte directo) previos al cálculo del diseño del geotextil de amortiguamiento para geomembrana.
- Trabajo en gabinete. En esta etapa se hará el desarrollo de los respectivos capítulos, los cálculos de diseño correspondientes, la estructuración de los capítulos del informe de suficiencia, planos generales y de detalle, etc.
- Trabajos de campo. En esta etapa se realizarán los procedimientos de instalación del geotextil de amortiguamiento para la geomembrana y trabajos complementarios.

Se adjunta en el Anexo 2 el cronograma de trabajo en diagrama de barras del proceso de elaboración del informe de suficiencia.

## CAPITULO 1 GENERALIDADES

### 1.1 Marco Teórico

Para definir el geotextil más apropiado para la protección y amortiguamiento de la geomembrana es muy importante realizar los estudios de suelos necesarios y tener conocimiento del tipo de estructura donde se empleará, a fin de realizar un diseño correcto. Posteriormente, en la etapa de instalación, se deberá de seguir los lineamientos para los procesos constructivos adecuados basados en normas y estándares dados por los organismos internacionales.

Dentro del marco teórico, se tendrá en consideración la información proporcionada por los expositores presentados en el presente curso integrador, así como la teoría de presiones actuantes sobre el geotextil y propiedades relacionadas con las mismas, los equipos adecuados para la instalación de Geotextil y seguir la metodología establecida para el proceso de instalación, garantizando de esta forma una óptima protección y amortiguamiento para la geomembrana.

### 1.2 Reseña Histórica de Geosintéticos

Existen vestigios en obras muy antiguas como las que desarrollaron las Culturas Babilonia, Asiría y la China, estas fueron las primeras que emplearon refuerzo de palmeras entrelazadas para construir grandes torres y en la Gran Muralla, los cuales se estiman entre 2000 - 3000 A.C.

La industria madre de estos productos fue la industria textil; quienes introdujeron los sintéticos en base a polímeros, en el cuadro 1.1, se presenta los primeros geosintéticos utilizados, incluyendo la fecha de invento del mismo y la fecha que empezó a comercializarse.

**CUADRO 11**  
**PRIMEROS GEOSINTÉTICOS EMPLEADOS**

<b>PRODUCTO</b>	<b>FECHA INVENTO</b>	<b>FECHA COMERCIAL</b>
Poliamida	1930	1940
Poliéster	1930	1949
Polietileno		
(Baja Resistencia)	1949	
(Alta Resistencia)	1954	
Polipropileno	1954	1959-60

Fuente: *Diseño con Geosintéticos* - Robert Koerner (Ref. Bib. N° 19)

### 1.2.1 Reseña histórica del Geotextil No Tejido

El crecimiento en estos últimos 15 años ha sido muy significativo, inicialmente son textiles en el sentido tradicional, pero consisten en fibras sintéticas en lugar de fibras naturales como algodón, lana o seda, así la biodegradación no es un problema para su supervivencia.

En el cuadro 1.2, se presenta la relación de los primeros países en utilizar geosintéticos.

**CUADRO 12**  
**PRIMEROS PAÍSES EN UTILIZAR GEOSINTÉTICOS**

<b>PAÍS</b>	<b>TIPO DE GEOSINTÉTICO</b>	<b>AÑO</b>
Holanda	Geotextil Tejido	Década de los 50
USA	Geotextil No tejido	Década de los 60
Europa	Geotextil	Década de los 70
Brasil	Geotextil Tejidos	1970

Fuente: *Diseño con Geosintéticos* - Robert Koerner (Ref. Bib. N° 19)

## 13 Descripción de geosintéticos

Los Geosintéticos, son materiales que se fabrican a partir de varios tipos de polímeros sintético o natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales

dentro del campo de la geotecnia o de la ingeniería civil (National Highway Institute).

Los geosintéticos se derivan de fibras artificiales, compuestas básicamente de polímeros como polipropileno, poliéster, poliamida y polietileno, siendo los dos primeros los de mayor utilización en la actualidad.

La etimología los describe bien "geo = tierra " y "sintéticos = material artificial", es decir los geosintéticos son un tipo de tierra artificial, realizando funciones del suelo donde la tierra no puede. 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.

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 y las geomembranas, entre otros derivados de la unión de las características y cualidades de cada uno de los anteriores.

#### **1.4 Composición Química de los Geosintéticos**

Todos los geosintéticos, y particularmente los geotextiles 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 de geosintético) de polímeros en regiones pequeñas forman patrones cristalinos complejos llamados cristalitas, las regiones no alineadas se denominan amorfas.

Los patrones de cristalización son muy complejos y continúan siendo investigados por científicos e ingenieros, llegando a establecer hasta ahora tres (3) clasificaciones de polímeros de acuerdo al grado de cristalización, estas son:

- Termoplástico amorfo



- Termoplástico semicristalino (ningún polímero es completamente cristalino)
- Termoestables (raramente usado para geosintéticos)

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 en la elongación
- Incremento en la resistencia al calor

En el cuadro 1.3 se presenta las unidades repetidas de polímeros utilizados para la fabricación de algunos geosintéticos; se observa que los geosintéticos consisten completamente de materiales termoplásticos.

**CUADRO 1.3**  
**UNIDADES REPETIDAS DE POLÍMEROS UTILIZADOS PARA LA**  
**FABRICACIÓN DE LOS GEOSINTÉTICOS**

TIPO DE GEOSINTÉTICOS	UNIDAD REPETIDA	POLÍMERO
Geotextiles Geomembranas	$[-CH_2-CH_2-]_n$	Polietileno (PE)
	$[-CH_2-CH(CH_3)-]_n$	Polipropileno (PP)
Geomembranas	$[-CH_2-CHCl-]_n$	Cloruro de polivinilo (PVC)

Fuente: *Diseño con Geosintéticos* - Robert Koerner (Ref. Btb. N° 19)

## 1.5 Definición de geotextil

Dentro del grupo de los geosintéticos tenemos los geotextiles, que se definen como un material textil plano permeable polimérico fabricado con fibras sintéticas.

Se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas, se emplea generalmente para filtrar y conducir fluidos, separar suelos de diferentes características, reforzar suelos débiles y proteger a las geomembranas de los posibles daños de piedras angulares u otros objetos.

## 1.6 Clasificación del geotextil

Se puede clasificar al geotextil de acuerdo al proceso de fabricación y de acuerdo a su composición.

### 1.6.1 Clasificación del geotextil de acuerdo al proceso de fabricación.

#### a. Geotextiles Tejidos

Los Geotextiles Tejidos son aquellos formados por cintas entrecruzadas de tejer, fabricado al entrelazar, generalmente en ángulo recto, dos o más conjuntos de hilos, fibras, filamentos, cintas u otros elementos. Los Geotextiles Tejidos se pueden dividir en:

- Tejidos de calada, son los formados por cintas de urdimbre (conjunto de hilos que se colocan en el telar paralelamente unos a otros para formar una tela) en sentido longitudinal y de trama en sentido transversal. Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial es decir en los dos sentidos de la fabricación, y puede ser muy elevada (mayores a 100kN/m a una elongación de 13%), según las características de las cintas empleadas, su estructura es plana. (Ver Figura 1.1)
- Tricotados, están fabricados con hilo entrecruzado en máquinas de tejido punto. Su resistencia a la tracción puede ser multiaxial o biaxial según estén

fabricados en máquinas tricotosas y circulares, o Ketten y Raschel, su estructura es tridimensional. (Ver Figura 1.2 y Figura 1.3).

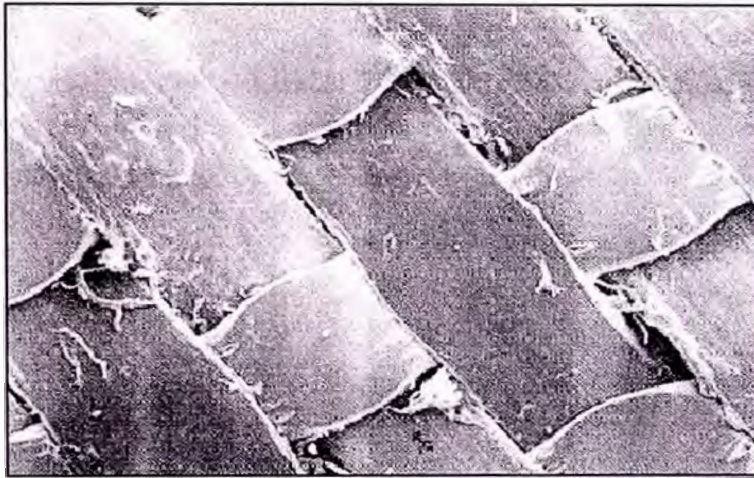


Figura 1.1 Geotextil Tejido Monofilamento Calandrado

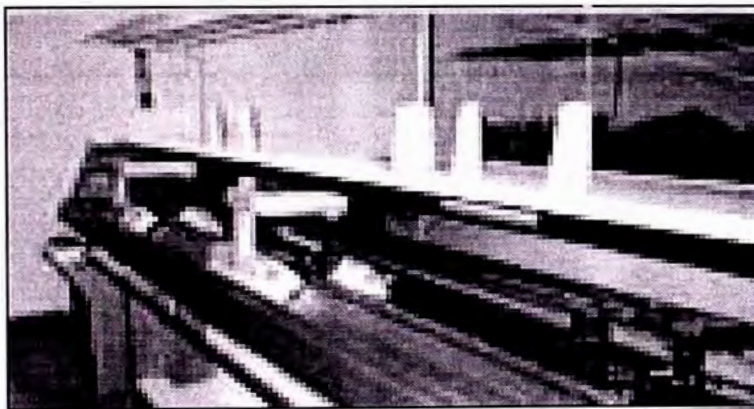


Figura 1.2 Máquina Tricotosa

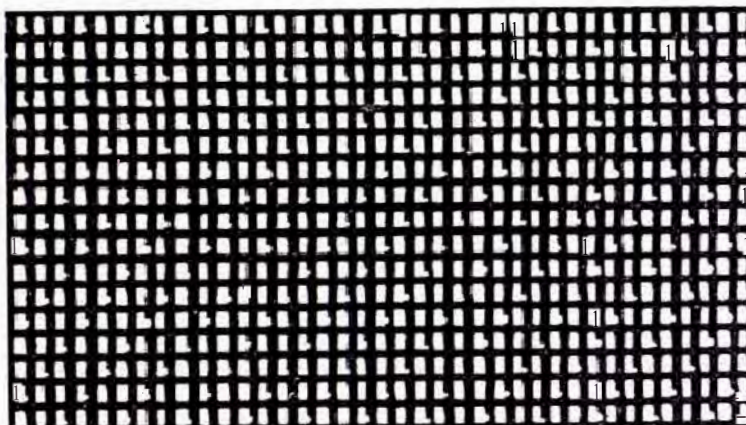


Figura 1.3 Geotextil Tejido Monofilamento

## b. Geotextiles No Tejidos

Textil bidimensional permeable, compuesto por fibras cortadas o filamentos continuos, distribuidos aleatoriamente que forman estructuras, cuyas propiedades mecánicas e hidráulicas le permiten desempeñar varias funciones en una obra geotécnica.

Están formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar, consolidándose esta estructura por distintos sistemas según el cual sea el sistema empleado para unir los filamentos o fibras, los Geotextiles No Tejidos se clasifican a su vez en:

- Geotextiles No Tejidos Ligados mecánicamente o punzonados por agujas,
- Geotextiles No Tejidos térmicamente o termosoldados,
- Geotextiles No Tejidos ligados químicamente o resinados.



Figura 1.4 Geotextil No Tejido (Punzonado)



Figura 1.5 Geotextil No Tejido (termosoldados)

### 1.6.2 Clasificación del geotextil de acuerdo a su composición.

Según su composición, las fibras que más se emplean son las sintéticas, siendo por ello que siempre tendemos a asociar al geotextil con fibras o filamentos sintéticos. Sin embargo al existir gran diversidad de aplicaciones, también se fabrican con fibras naturales y artificiales.

a. Geotextil de Fibras Naturales, pueden ser origen animal (lana, seda, pelos, .) vegetal (algodón, yute, coco, entre otros) que se utilizan para la fabricación de geotextiles biodegradables utilizados en la revegetación de taludes, por ejemplo, en márgenes de ríos, etc.

b. Geotextil de Fibras Sintéticas, cuando el geotextil se le exige durabilidad, se fabrica con fibra o filamentos obtenidos de polímeros sintéticos. Los geotextiles fabricados con estos polímeros son de gran durabilidad (mayor resistencia a la tensión, costura, reventado o Mullen Burst, punzonamiento, rasgado Trapezoidal, entre otros) y resistentes a los ataques de microorganismos y bacterias. Los más empleados son el polipropileno, poliéster, polietileno y poliacrílico.

### 1.7 Proceso de Fabricación del Geotextil

En el proceso de fabricación, se desarrollan cuatro (4) pasos básicos:

- Preparación de la fibra
- Formación del velo
- Consolidación del velo
- Tratamiento posterior

En el Figura 1.6 se presenta un esquema general del procedimiento básico de fabricación de geotextil.

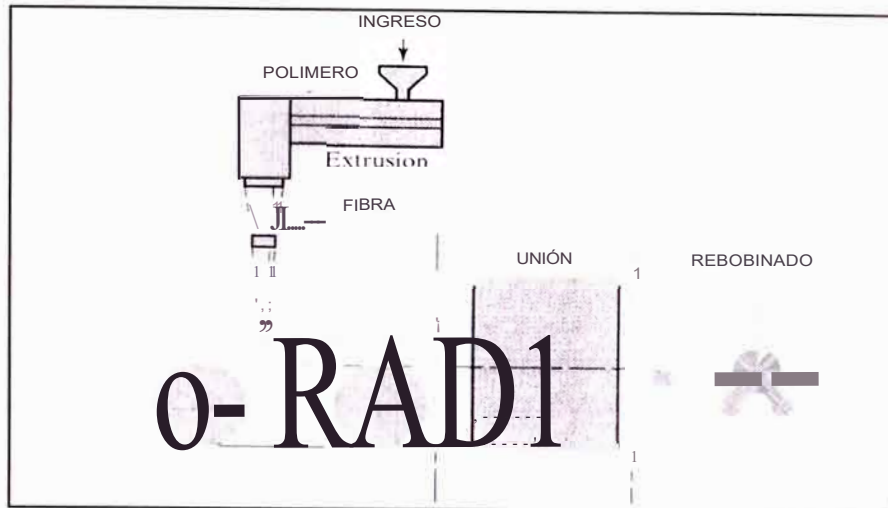


Figura 1.6 Procedimiento básico de fabricación de geotextil

## 1.8 Normas para Geotextiles

Las normas fijan los criterios a seguir para determinar y comprobar los valores técnicos en cuanto a las propiedades mecánicas, hidráulicas y físicas de los geotextiles; existe una gran variedad de ensayos que tienen como objetivo determinar las propiedades de resistencia en función de la dirección, la uniformidad y la duración de la carga aplicada y del área sobre la cual se aplica la carga.

En el cuadro 1.4 se presenta la relación de las normas que rigen la medición de las propiedades características de los geotextiles.

**CUADRO 14**  
**NORMAS PARA GEOTEXTILES**

<b>NORMA</b>	<b>PROPIEDADES</b>
ASTM D 5261 / D 3776	Masa por unidad de área
ASTM D 4632	Resistencia a la Tracción Grab
ASTM D 4595	Resistencia a la Tensión Tira Ancha
ASTM D 4533	Resistencia al desgarre trapezoidal
ASTM D 3786	Resistencia al reventado
ASTM D 4833	Resistencia al punzonado
ASTM D 6241	Resistencia al punzonamiento CBR
ASTM D 5199	Espesor nominal
ASTM D 4751	Tamaño de abertura aparente
ASTM D 4491	Permisividad
ASTM D 4491	Tasa de flujo
ASTM D 4355	Resistencia a los rayos UV

Fuente: *Diseño con Geosintéticos* - Robert Koerner (Ref Btb. N° 19)

## 1.9 Traslape para la Instalación de Geotextil No Tejido

El traslape entre paneles de geotextil No Tejido se puede realizar mediante 2 tipos de uniones:

### 1.9.1 Unión por Costura

La unión de paneles de geotextil mediante las costuras se podrán hacer con hilo de poliéster o polipropileno, pero en ningún caso se podrá emplear hilo de fibra natural que tenga una tenacidad mayor que la de la cinta o la fibra del geotextil. El patrón de costura se determinará con ensayos en campo y debe cumplir el 90% de la resistencia evaluada por el método de la tira ancha. El ensayo para costuras es ASTM D4632.

Para obtener una buena calidad en las costuras se deben tener en cuenta los siguientes condicionamientos. Usualmente la costuras tanto realizadas en campo como las desarrolladas durante la manufactura deben considerar los siguientes aspectos que dependerán del diseño correspondiente y son:

a. Tipo de hilo: Kevlar, Aramida, Polietileno, Poliéster o Polipropileno. No se permitirán hilos elaborados 100% a partir de fibras naturales, e incluso Nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se permitirán aquellos que tengan 10% o más en peso de fibras naturales. No se permitirán costuras elaboradas con alambres.

b. Densidad de la puntada: Mínimo de 150 a 200 puntadas por metro lineal.

e. Tensión del hilo: Debe ajustarse en campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies a coser. Si se hace la costura a mano, deberán tenerse los cuidados necesarios para que al pasar el hilo, el rozamiento no "funda" las fibras del geotextil. Deberán tenerse en cuenta los requerimientos del inciso 2 del presente numeral.

d. La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo a la norma ASTM 04632, debe ser mínimo el 90% de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo a la norma de ensayo ASTM 04632.

e. Tipo de costura. Dependiendo del esfuerzo solicitado y el tipo de geotextil, se pueden realizar diferentes configuraciones para asegurar la correcta transferencia de la tensión.

f. Cantidad de líneas de costura, que se determinarán también según diseño.

g. Tipo de puntada, la que pueden ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401 ).

### **1.9.2 Unión por aire Caliente**

La unión por calor se realiza mediante soplete de aire caliente y aplicando presión con un rodillo, se puede efectuar manualmente o mecánicamente.

Se deberá de tener en cuenta la temperatura del aire y la presión a aplicar, que estarán en función del Polímero (algunos polímeros tienen el punto de fusión bajo) y el gramaje del Geotextil (a fin de evitar posibles degradaciones irreversibles del geotextil).



## CAPITULO 11 MEMORIA DESCRIPTIVA

### 2.1 Ubicación del Terreno y Acceso.

El área donde se desarrollarán los trabajos de impermeabilización del reservorio se encuentra ubicado en terreno de propiedad de la Universidad Nacional de Ingeniería, específicamente en la zona baja del Cerro Arrastre (cota 99.00msnm); y en la parte posterior del C.E.I. "Los Ingenieritos". (Ver Plano: P - 1UB )

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 conbrmada por una superficie de rodadura de afirmado compactado que permite el tránsito de equipos livianos y pesados que transporten materiales para la ejecución del Proyecto.

### 2.2 Descripción de los Trabajos.

Se construirá un reservorio de almacenamiento de agua; el cual se usará para bombear el agua a otro reservorio superior con cota de fondo 114.00 msnm; desde el cual por gravedad se irrigará la ladera del cerro provista de cobertura vegetal con el propósito de controlar la erosión. (Ver Plano: P-1 SI)

Las características geométricas del reservorio se presentan en el Cuadro 21

**CUADRO 21  
LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL RESERVORIO CONSTRUIDO**

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES
Corona	6.00 X 8.00 m
Base	2.00 X 4.00 m
Profundidad neta	1.00 m
Talud	2H: 1V
Almacenamiento máximo	20.00 m <sup>3</sup>
Almacenamiento útil	18.00 m <sup>3</sup>
Altura de bombeo	15.00 m

Fuente: *Elaboración Propia.*

El reservorio considera una impermeabilización con geomembrana del tipo **HOPE** de 1.0 mm obtenida según diseño, para evitar la percolación de las aguas almacenadas, además dadas las características del suelo (presenta partículas angulosas y punzocortantes) se instalará un Geotextil No Tejido, para la protección de la geomembrana. (Ver Plano: P - 1IG)

Las etapas de ejecución del Proyecto son las siguientes:

- 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 Geotextil de Amortiguamiento.
- Instalación de geomembrana **HOPE** de  $e = 1.0\text{mm}$ .

### 2.2.1 Trabajos Preliminares

Durante las actividades preliminares se efectuará el Trazo, Nivelación y Replanteo de acuerdo a planos, con la finalidad de verificar los trazos, alineamientos y determinar niveles (cotas), del área de trabajo. También se deberá considerar; como una actividad preliminar; el Plé:Ineamiento anticipado y oportuno de todas las actividades en coordinación con la Supervisión (Universidad Nacional de Ingeniería) para el ingreso de maquinaria, herramientas y personal de Obra.

#### a Movilización y Desmovilización de Equipos y herramientas

##### - Descripción

El contratista considera dentro de los alcances de esta partida todos los trabajos necesarios para transporte a obra todos los elementos necesarios (herramientas y equipos) y dentro de los plazos estipulados, para todos los procesos constructivos a fin de dar cumplimiento al programa de avance de obra; dentro de esta partida se incluye el retiro de equipos una vez finalizado los trabajos.

El contratista está obligado a prever con la debida anticipación todo lo necesario para tener en obra el equipo y las herramientas que se requieran para el cumplimiento del avance de obra; para ello deberá preparar la movilización del mismo, a fin de que llegue en la fecha prevista en el calendario de utilización de equipos y perfectas condiciones de operatividad.

El sistema de movilización y desmovilización debe ser tal que no cause daño a las propiedades adyacentes y a terceros, bajo responsabilidad y costo del contratista.

- *Sistema de Control*

El supervisor deberá inspeccionar y aprobar el equipo llevado a obra, verificando que se encuentren buenas condiciones y debiendo rechazar el que no se encuentre satisfactorio para la función a realizar, teniendo en cuenta que cumpla con los rendimientos mínimos exigidos en la obra.

Las operaciones de carga de combustible y mantenimiento de equipos serán programadas fuera de las horas de trabajo. Cada equipo será accionado únicamente por el operador asignado, en ningún caso podrá permanecer sobre la máquina personal alguno, aun cuando esté asignado como ayudante del operador del equipo.

Durante la movilización de los equipos a obra, se deberá contar con personal entrenado para dirigir las operaciones de movilización.

- *Método de Medición*

La medición de esta partida se realizará contabilizando los equipos y materiales desplazados a obra, siendo su estimación por viaje (VJE) de los trabajos ejecutados y aprobados por el Supervisor.

**b. Trazo, Nivelación y replanteo**

- *Descripción*

El trazo consiste en llevar al terreno los ejes y estacas de nivelación establecidos en los planos adecuadamente. El replanteo consiste en la

ubicación e identificación de todos los elementos que se detallan en los planos durante el proceso de construcción.

En general el contratista no deberá escatimar esfuerzos para obtener la mayor información topográfica y replantearla en campo a fin de evitar conflictos en cuanto se proceda a la medición. Las líneas de medición, puntos y cotas requeridas, serán fijados por el Contratista.

Los puntos de medición deberán ser durables y protegidos en forma adecuada durante el transcurso de los trabajos de construcción.

- *Materiales*

Equipo de Medición, teodolito o mira calibrados

Cal, yeso o tiza, pabilo, madera para construcción de estacas

- *Procedimiento Constructivo*

El contratista deberá replantear los ejes del proyecto en el terreno estacando en todos los puntos que sean necesarios de acuerdo a las obras comprendidas dentro del proyecto. Los puntos serán debidamente protegidos para no perderlos, con el objeto de poder replantear la obra en cualquier momento, debiendo materializarse sobre el terreno en forma segura y permanente, mediante estacas o varillas de fierro. De igual forma se deberá tener un BM que servirá para controlar los niveles del proyecto y tendrá la aprobación del supervisor en caso que sea necesario la intervención del proyectista.

Las demarcaciones deberán ser exactas, precisas, claras y tanto segura y estables cuanto mas importantes seas los ejes y elementos a replantear.

- *Sistema de Control*

Los puntos de control deberán estar sobre estructuras estables en forma exacta, precisa y clara con el objeto de poder replantear la obra en cualquier momento, debiendo materializarse sobre el terreno en forma segura y permanente, mediante estacas o varilla de fierro.

Se verificará la ubicación y dimensiones de los trazos, debiendo tener la aprobación de la Supervisión y en caso sea necesario, con la intervención del proyectista. Las tolerancias para trabajos de Trazo y Replanteo en el trazado de puntos niveles  $\pm 10$  mm horizontal y vertical.

- *Método de Medición*

El trazo y el replanteo, será cuantificado por el área del terreno donde se ejecuta la obra; su unidad de medida será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>). El precio unitario de esta partida incluirá todos los materiales, insumos, mano de obra con sus beneficios, personal calificado para la medición con equipos e instrumentos; y demás implementos que se requiera para ejecución de la partida.

## 2.2.2 Trabajos Civiles

### a. Movimiento de Tierras

Esta especificación establece los trabajos de Movimiento de Tierras a realizar por el Contratista los cuales constan de Excavaciones, Refine y Compactación, Eliminación de Material Excedente.

### b. Reservorio de Agua

#### b.1 Excavación Manual hasta 1.0 m de profundidad

- *Descripción*

Tendrán dimensiones y los niveles indicados en los planos, debiendo preverse los espacios necesarios, para alojar las formas de los encofrados.

El fondo de las excavaciones, deberá ser convenientemente compactado y nivelado.

Si se hubiese excavado por debajo de los niveles requeridos, se llenará estos espacios con el mismo tipo de material que corresponde al elemento estructural por construirse.

- *Procedimiento Constructivo*

Con la finalidad de definir la geometría del reservorio especificada en planos se realizará la excavación en el terreno hasta alcanzar los niveles y pendientes adecuados. Se excavará 0.20 m por debajo del nivel proyectado.

Se deberá realizar las labores de control topográfico durante el tiempo que dure la obra, cumpliendo con lo indicado en los planos, referente a las cotas de diseño.

El Contratista deberá estabilizar las excavaciones, de ser necesario; a fin de evitar los derrumbes y/o deslizamientos laterales, que puedan poner en riesgo a los trabajadores.

- *Sistema de Control*

El supervisor se encargará de verificar los niveles de excavación de acuerdo a lo que se indica en los planos, para la ejecución de estos trabajos se deben de verificar las medidas de seguridad ante cualquier derrumbe o caída de cualquier material suelto.

- *Método Medición*

La excavación manual del terreno, será cuantificado por el volumen terreno excavado en la obra; su unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>).

El precio unitario de esta partida incluirá todos los materiales, insumos, mano de obra con sus beneficios, y demás implementos que se requiera para ejecución de la partida.

## b.2 Refine y Compactación a Nivel.

### - *Descripción*

Se ejecutará la nivelación de la superficie del reservorio de forma manual, para lo cual se hará uso de las herramientas manuales adecuadas hasta alcanzar los niveles que se indican en los planos.

### - *Materiales*

Agua.

### - *Procedimiento Constructivo*

El refine consiste en el perfilado de paredes y fondo, teniendo especial cuidado que no queden protuberancias rocosas que hagan contacto con los geosintéticos.

La nivelación se efectuará en el fondo del terreno, con el tipo de cama de apoyo aprobado por el Ingeniero Supervisor de la Obra.

### - *Sistema de Control*

El supervisor se encargará de verificar la superficie de contacto del terreno con los geosintéticos, verificando que se encuentre adecuadamente compactado y nivelado de acuerdo a como se muestra en el plano.

### - *Método de Medición*

El Refine y Compactación a Nivel de Terreno, será cuantificado por el área terreno compactado en la obra; su unidad de medida será el metro cuadrado (m<sup>2</sup>). El precio unitario de esta partida incluirá todos los materiales, insumos, mano de obra con sus beneficios, y demás implementos que se requiera para ejecución de la partida.

## **2.2.3 Instalación del Geotextil de amortiguamiento**

Antes de instalar el geotextil de amortiguamiento, se deberá de identificar los puntos blandos y las áreas inadecuadas, a fin de realizar las

correcciones correspondientes, excavando y rellenando dichos puntos con material seleccionado.

Se debe haber preparado las zanjas de anclaje necesarias para la fijación desde la coronación del geotextil antes de ser colocado en el desarrollo del talud.

El geotextil debe ser colocado sobre la subrasante preparada suelto y libre de arrugas y dobleces en la dirección de la construcción.

El traslape entre los paneles de geotextil serán como mínimo 30cm (CBR Mayor a 3% - ET EG 2000); dichos traslapes se pueden realizar de dos formas: uniones cosidas o con unión por calor de manera opcional.

En la zona de esquina del reservorio el geotextil puede doblarse o cortarse para conformar el alineamiento. El doblar o el traslape se debe realizar en la dirección de la construcción y mantenido en su sitio por medio de lastres o con montículos hechos con el material de relleno o rocas rodadas.



## CAPITULO 111 METODOLOGÍA DE DISEÑO

### 3.1 Criterios generales

La metodología de diseño para definir el geotextil de amortiguamiento más adecuado a utilizar para la protección de la geomembrana de los materiales punzocortantes que presenta el terreno sobre el cual se ha proyectado realizar la instalación del recubrimiento impermeable, se detalla a continuación.

Considerando la ecuación tradicional de factor de seguridad:

$$FS = \frac{P_{adm}}{p_{req}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Donde:

- FS : Factor de seguridad contra el punzonamiento de E geomembrana
- P<sub>adm</sub> : Presión admisible del geotextil sobre el terreno.
- P<sub>req</sub> : Presión real debida al contenido del relleno o depósito superficial.

De diversos ensayos y pruebas del método de punzonamiento hidrostático de acuerdo con la norma ASTM 05514 se ha obtenido una relación empírica para el cálculo del P<sub>adm</sub> esta ecuación utiliza factores de modificación y de reducción, a fin de considerar las propiedades se introduce con el fin de tener en cuenta las propiedades mecánicas del terreno y comportamiento de los materiales.

Ecuación empírica para el cálculo de P<sub>adm</sub>(Geosynthetic Research Institute )

$$P_{adm} = \left[ \frac{450 M}{H^2} \right] \left[ \frac{1}{FMs \times f \times MbR \times FMA} \right] \left[ \frac{1}{FRc \times FROas} \right] \dots\dots (3.2)$$

Donde:

$P_{adm}$  : Presión admisible (kPa)

$M$  : Masa por unidad de área ( $gr/m^2$ )

$H$  : Altura Efectiva de la Protuberancia de los materiales de terreno (mm)

$F_{Ms}$  : Factor de Modificación por la forma de la protuberancia

$F_{MR}$  : Factor de Modificación por Densidad del Relleno

$F_{MA}$  : Factor de Modificación por efecto de Arco en Sólidos

$F_{Rc}$  : Factor de Reducción por carga diferida (Creep)

$F_{Roas}$  : Factor de Reducción por degradación química y biológica a largo plazo

Además de debe cumplir la siguiente condición:

$$P_{adm} = \frac{450 M}{H^2} \quad \text{Resistencia al punzonamiento de geomembrana (kPa) ..... (3.3)}$$

### 3.1.1 Factor de seguridad global

De acuerdo a cada proyecto en particular, y considerando las propiedades mecánicas del terreno donde se instalará el geotextil, se utilizará el factor de seguridad global más conveniente. El Nacional Highway Institute, sugiere considerar el valor mínimo para el factor de seguridad global de 3.0.

En el Cuadro 3.1 se presentan los factores de seguridad global a utilizar, considerando el arreglo de las piedras y su altura efectiva máxima sobre las que irá el geotextil de amortiguamiento.

**Cuadro 3.1.**  
**Factores de seguridad global para el diseño**

Arreglo de Piedras	Altura Efectiva Máxima de la piedras (mm)	Factor de Seguridad Global
Piedra aisladas	6	3.0
	12	4.5
	25	7.0
	38	10.0
Piedras agrupadas	38 o menores	3.0

Fuente: Smart Solutions - Synthetic Industries (Ref. Bib. N° 26)

### 3.1.2 Factores de modificación

Los factores de modificación son establecidos de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas que presente el terreno sobre el cual se colocará el geotextil de amortiguación.

#### a. Factor de modificación por forma de la protuberancia

Factores propuestos sobre la base del ensayo hidrostático de presión por punzonamiento de la norma ASTM 5514. Las rocas que puede presentar el terreno han sido divididas en tres grupos de acuerdo a su forma: Angular, redondeada y semiredondeadas. (Ver Cuadro 3.2.)

**Cuadro 3.2**  
**Factor de Modificación por Forma de la Protuberancia**

Forma de la Piedra	FMs
Angular	1.00
Semiredondeada	0.50
Redondeada	0.25

*Fuente: Smart Solutions - Synthetic Industries (Ref. Bib. N° 26)*

#### b. Factor de modificación por densidad del relleno

De acuerdo con las pruebas realizadas por Wilson-Fahmy, Narejo y Koerner se pudo demostrar que la presión admisible para protuberancias concentradas es mucho mayor que para protuberancias aisladas. En el Cuadro 3.3 se encuentran los factores según su tamaño y forma de ubicación.

**Cuadro 3.3**  
**Factor de Modificación por densidad del relleno**

Arreglo de Densidad	FMoR
Aislado	1.00
Compacta (38mm)	0.83
Compacta (25mm)	0.67
Compacta (12mm)	0.50

*Fuente: Smart Solutions - Synthetic Industries (Ref. Bib. N° 26)*

**c. Factor de modificación por efecto de arco en sólidos**

Este factor considera la carga se ejerce el material que irá sobre la geomembrana y por consiguiente sobre el geotextil. El Cuadro 3.4 presenta los factores correspondientes.

**Cuadro 3.4**  
**Factor de modificación por efecto de arco en sólidos**

<b>Efecto de arco en sólidos</b>	<b>FMA</b>
Hidrostático	1.00
Geoestático, superficial	0.75
Geoestático, moderado	0.50
Geoestático, profundo	0.25

*Fuente: Smart Solutions - Synthet1c Industries (Ref Bib. N° 26)*

**3.1.3 Factores de reducción**

**a. Factor de reducción carga diferida a largo plazo**

El geotextil de amortiguamiento estará sometido a punzonamiento durante toda su vida útil, lo cual hará que la longitud inicial sin apoyo del material contra el suelo disminuya con el pasar del tiempo. (Ver Cuadro 3.5).

**Cuadro 3.5**  
**Factor de Reducción por carga diferida**

<b>Masa por Unidad de Área (gr/m2)</b>	<b>Altura efectiva de Protuberancia</b>			
	<b>38</b>	<b>25</b>	<b>12</b>	<b>6</b>
Sin Geotextil	-	-	-	>>1.5
270	-	-	>1.5	1.5
550	-	1.5	1.3	1.2
1100	1.3	1.2	1.1	1.0
> 1100	1.2	1.1	1.0	1.0

*Fuente: Smart Solut10ns - Synthet1c Industries (Ref Bib. N° 26)*

## b. Factor de reducción por degradación química y biológica a largo plazo

Este factor se aplica considerando la intensidad de la acción de agentes externos (roedores, hongos, bacterias, sustancias químicas, etc), los cuales pueden generar cierta degradación del geotextil. (Ver Cuadro 3.6).

**Cuadro 3.6**

### **Factor de Reducción por degradación química y biológica a largo plazo**

<b>Tipo de relleno</b>	<b>FMA</b>
Ligero	1.1
Moderado	1.3
Agresivo	1.5

Fuente: Smart So/lutions - Synthetic Industries (Ref. Bib. N° 26)

## 3.2 Parámetros de diseño

### 3.2.1 Factores considerados para diseño del geotextil de amortiguamiento para geomembrana.

El geotextil de amortiguamiento, está diseñado para proteger una Geomembrana **HOPE** de 1mm de espesor el cual tiene una resistencia al punzonamiento de 35 kPa.

#### Características del terreno superficial preparado

De acuerdo con los análisis de suelos y la inspección visual realizadas, las características mas relevantes para fines de diseño que presenta la superficie del área donde se instalará el geotextil No Tejido son las siguientes:

#### Material gravoso arenoso

- Piedras aisladas
- Protuberancias compactas
- Altura efectiva aproximada de protuberancia efectiva **H** = 30mm

#### Características del relleno del reservorio

$$y = 9.8 \text{ kN/m}^3 \quad (\text{Peso unitario agua})$$

$$h = 1.0 \text{ m} \quad (\text{Altura máxima del relleno})$$

En la Figura 3.1 se observa una vista en corte del reservorio analizado.

De acuerdo con los Cuadros 3.1 a 3.6, se puede definir los siguientes valores para cada factor considerado:

Factores de Modificación (Narejo - Koerner)

$$FM_S = 1 \quad (\text{Forma de la protuberancia angular})$$

$$FM_{PD} = 0.83 \quad (\text{Densidad del relleno, protuberancias Compacta})$$

$$FM_A = 1 \quad (\text{Efecto de arco en sólidos, carga hidrostática aplicada})$$

Factores de Reducción (Narejo - Koerner)

$$FR_c = 1 \quad (\text{Carga diferida, considerando un geotextil clase 2})$$

$$FR_{oB} = 1.1 \quad (\text{Daños químicos y biológicos})$$

Factor de seguridad global (Narejo - Koerner)

$$FS = 10$$

• **Calculo del gramaje del geotextil**

Presión requerida

$$P_{req} = Y \times h$$

$$P_{req} = 9.8 \text{ kN/m}^2$$

Presión admisible

$$FS = \frac{P_{adm}}{P_{req}} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$P_{adm} = 98 \text{ kN/m}^2$$

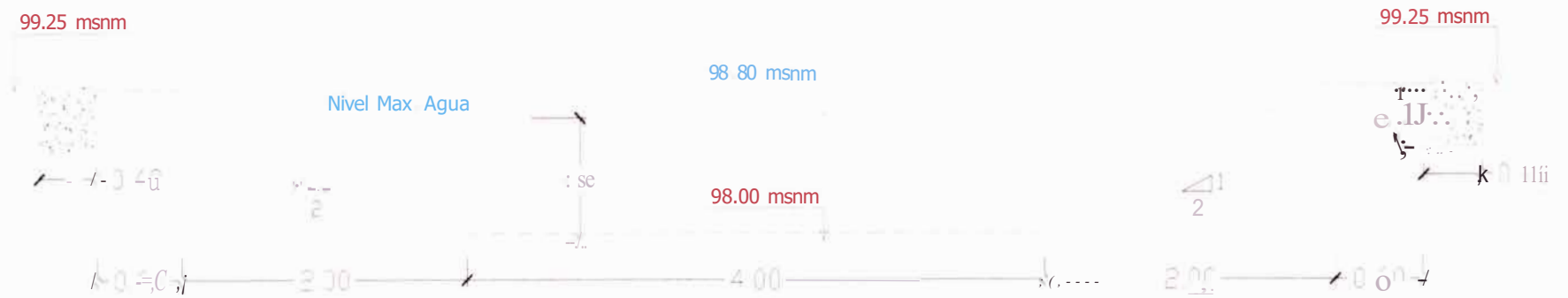


Figura 3.1 Vista en corte de Reservorio de Agua donde se ha instalado el Geotextil No Tejido de Amortiguamiento.

De acuerdo con las investigaciones desarrolladas por Geosynthetic Research Institute (GRI), la ecuación empírica para el cálculo de  $P_{adm}$  es:

$$P_{adm} = \left[ \frac{450 M}{H^2} \right] \left[ \frac{1}{FMs \times FMoR \times FMA} \right] \left[ \frac{1}{FRc \times FRoas} \right] \dots (3.5)$$

Despejando M de ecuación (3.5)

$$M = \frac{P_{adm} \times H^2 \times (FMs \times FMoR \times FMA) \times (FRc \times FRoas)}{450} \dots (3.6)$$

Reemplazando valores en (3.6)

$$M = 178.95 \text{ gr/m}^2$$

Verificación del gramaje calculado

$$P_{adm} = \frac{450 M}{H^2} \geq 35 \text{ kPa} \dots (3.7)$$

Reemplazando valores en ecuación (3.7) se obtiene:

$$89.47 \text{ kPa} \geq 35 \text{ kPa} \quad (\text{Cumple})$$

Por lo tanto el geotextil de amortiguamiento que se requiere para proteger la geomembrana HOPE de 1mm de espesor, debe tener un gramaje como mínimo de 178.95gr/m<sup>2</sup>.



## CAPITULO IV

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL GEOTEXTIL DE AMORTIGUAMIENTO

De acuerdo con la Norma de Especificaciones Generales para construcción de Carreteras (EG - 2000), la cual en el Capítulo 6: Obras de Arte y Drenaje, en la Sección 650 clasifica al Geotextil por clases de acuerdo con la aplicación requerida por cada proyecto, en cuadro 4.1 se presenta los requerimientos técnicos que deben cumplir los geotextiles agrupados por tres Clases

**Cuadro 4.1**  
**Características Técnicas Generales de Geotextiles**

Propiedad	Ensayo	Unid.	Requerimiento Geotextil (MARV)*					
			Clase 1		Clase 2		Clase 3	
			E	E	E	E	E	E
			< 50%	> 50%	< 50%	> 50%	< 50%	> 50%
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia al razgado trapezoidal	ASTM D4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia "Burst"	ASTM D3786	kPa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Resistencia a la costura	ASTM D4632	N	12600	810	990	630	720	450

Fuente: Norma EG 2000. (Ref. Bib. N° 21).

(\*) Valores Mínimos Promedios del Rollo

Del Cuadro 4.1 se puede concluir que el Geotextil No Tejido que requiere el proyecto mencionado anteriormente debe ser un Geotextil No Tejido Clase 2.

En el Cuadro 4.2 se presentan los valores de las características técnicas del Geotextil de Clase 2 referente a la permitividad, abertura aparente y resistencia retenida del geotextil considerando los valores MARV (Valores Mínimos Promedios del Rollo).

**CUADRO 4.2**  
**PROPIEDADES DEL GEOTEXTIL CLASE 2**

Propiedad	Ensayo	Unidad	Requerimiento (MARV)
Clase de Geotextil	-	-	Clase 2 de la Cuadro 4.1
Permitividad	ASTM 04491	Seg -1	0.02
Abertura aparente	ASTM 04751	mm	0.6
Resistencia retenida	ASTM 04355	%	50% después de 500 horas de exposición.

Fuente: Norma EG 2000. (Ref. Bib. N° 21).

#### 4.1 Propiedades Técnicas

Los valores que aparecen en la ficha técnica son resultados de los ensayos realizados en laboratorios autorizados.

##### 4.1.1 Propiedades Físicas.

Referidas a la presentación tales como: espesor, gravedad específica, peso, color, etc.

**a. Espesor**, está medido como la distribución de la parte superior a la inferior del geotextil, medido a una presión prefijada; se expresa en mils o mm.

**b. Gravedad Específica**, por lo general es de acuerdo al polímero en uso:

Polipropileno	0.91
Poliéster	1.22-1.38
Nylon	1.05-1.14
Polietileno	0.92 - 0.95

Notar que algunos de los valores son menores que 1; lo cual influye cuando trabajen en agua, ya que pueden flotar.

c. **Masa por unidad de área (Peso)**, es una forma usual de indicar el peso de un geotextil, se le conoce mas por su peso base y se expresa en  $\text{gr/m}^2$  o en onzas/yarda<sup>2</sup>.

#### 4.1.2 Propiedades Mecánicas.

Referidas a las condiciones de supervivencia en la instalación; tales como su resistencia tensil, punzonado, reventado, rasgado, elongación, impacto, etc.

a. Resistencia Tensional, es una de las mas importante funciones, y se calcula estirando la muestra hasta que la elongación de ella cause su rotura.

b. Resistencia a la Fatiga, es la habilidad del geotextil de soportar una carga antes de sufrir una falla.

#### 4.1.3 Propiedades Hidráulicas.

Referidas a la aplicación y su funcionamiento a lo largo de su vida útil; tales como la permeabilidad o conductividad hidráulica.

a. Porosidad, se define como la razón del volumen de vacíos al volumen total, esta relacionado con la habilidad del agua a fluir a través del tejido.

b. Porcentaje de Área Abierta, es aplicable a los geotextiles tejidos y es una comparación del total de área abierta al total del área de la muestra.

c. Tamaño de Abertura de Aparente (AOS) o Tamaño Equivalente de Abertura, se define como el número de malla que tiene la abertura más cercana a las aberturas del tejido.

d. Permitividad, muy útil en casos de filtración o sea cuando el agua fluye a través del tejido hacia el material granular, una tubería o cualquier sistema de drenaje.

e. Transmisividad, flujo de agua dentro del plano del tejido.

## CAPÍTULO V

### INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL PARA AMORTIGUAMIENTO DE GEOMEMBRANA

#### 5.1 Consideraciones de Almacenaje y Manipuleo.

En esta etapa es importante considerar lo siguiente:

En el transporte, carga y descarga se comprobará que no se produzcan daños mecánicos en las capas exteriores de los rollos (pinchazos, cortes, entre otros).



Figura 5.1 Transporte de Geotextil No tejido a pie de Obras

Los rollos de geotextil no deberán almacenarse directamente sobre del suelo; el almacenamiento en obra se realizará en lugares lisos, secos, limpios y libres de objetos cortantes y punzantes. No se almacenará ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté adecuadamente identificado por resultar una fracción demasiado corta o haberse deteriorado el marcado original.

Debe protegerse de daños ocasionados por construcción, precipitaciones, radiación ultravioleta, que incluye a los rayos del sol, químicos que sean ácidos o bases fuertes; de flamas, incluyendo chispas, de temperaturas mayores a 71 °C (160° F), y cualquier otra condición ambiental que pudiera



Figura 5.2 Almacenaje en obra de Geotextil No Tejido.

dañar las propiedades físicas del geotextil.

Cada rollo de geotextil deberá envolverse con un material que proteja al geotextil de los daños debido al transporte, al agua, a los rayos solares (UV), y a los contaminantes.

Deberá conservarse la envoltura protectora durante el tiempo de transporte y almacenamiento.



Figura 5.3 Almacenamiento de rollos de Geotextil No Tejido en almacén.

El sitio de la instalación debe prepararse mediante la limpieza y/o eliminación de raíces.

## 5.2 Procedimiento para instalación de Geotextil

Antes de instalar el geotextil de amortiguamiento, se deberá de identificar los puntos blandos y las áreas inadecuadas, a fin de realizarlas correcciones correspondientes, excavando y rellenando dichos puntos con material seleccionado.

Se debe haber preparado las zanjas de anclaje necesarias para la fijación desde la coronación del geotextil antes de ser colocado en el desarrollo del talud. (Ver Panel Fotográfico).

El geotextil debe ser colocado sobre la subrasante preparada suelto y libre de arrugas y dobleces en la dirección de la construcción.



Figura 5.4 Colocación de Geotextil de amortiguamiento

El traslape entre los paneles de geotextil serán como mínimo 30cm (CBR Mayor a 3% - ET EG 2000); dichos traslapes se pueden realizar de dos formas: uniones cosidas o con unión por calor de manera opcional. Ver Plano: P-1 IG

En la zona de esquina del reservorio el geotextil puede doblarse o cortarse para conformar el alineamiento.

El dobléz o el traslazo se debe realizar en la dirección de la construcción y mantenido en su sitio por medio de lastres o con montículos hechos con el material de relleno o rocas rodadas.

### 5.2.1 Control de Calidad

Una inspección visual será realizada para el material previo a su instalación, con el fin de determinar e identificar posibles defectos de fabricación o daños producidos durante el transporte.

Posteriormente a instalación del geotextil No Tejido, debe ser revisado por el Ingeniero Supervisor para asegurar que no haya sido dañado durante la instalación (por ejemplo, agujeros, rasgaduras, etc.).

## 5.2.2 Reparaciones

Los geotextiles dañados durante la instalación, deben ser reparados inmediatamente, se debe cubrir el área dañada con un parche del mismo tipo de geotextil que se extienda al menos una distancia similar al traslape establecido mas allá del extremo del área dañada o defecto.

Los parches quedarán unidos al geotextil utilizando costuras u otro método ya definido; la dirección del tejido del parche quedará alineada con la dirección del tejido del geotextil que se esté reparando.

## CONCLUSIONES

- Diseñar el gramaje del Geotextil No Tejido con un factor de seguridad considerando las condiciones más críticas, garantiza la protección más confiable para la geomembrana, evitando que esta falle por punzonamiento al inicio durante su instalación y posteriormente por su período de servicio.
- La instalación del geotextil no tejido, de polipropileno fue realizada de una manera rápida y secuencial, puesto que este material es de fácil manipulación y adaptación a diversos tipos de pendientes.
- El empleo del geotextil de amortiguación reduce la necesidad de utilizar materiales de relleno y excavación, así como realizar una compactación controlada para obtener un perfil determinado.
- Los Geotextiles No Tejidos cumplen varias funciones como son la de separación de capas con diferentes características para evitar su mezcla, filtración y retención de partículas finas presentes en una capa de drenaje o suelo, drenaje y conducción de líquidos y gases, si los hubiere, refuerzo de un suelo aumentando su capacidad portante y por ultimo la función de protección mecánica de geomembranas frente a punzonamiento y desgaste
- El geotextil No Tejido que cumple la función de protección, regulariza la superficie irregular de las paredes y base del reservorio de agua logrando que el contacto directo suelo - geomembrana sea minimizado, a fin de evitar dañar la geomembrana.

La efectividad de protección depende del espesor de la geomembrana y de su unidad por masa de superficie así como su resistencia al punzonamiento.



- El Geotextil No Tejido se puede manipular e instalar sobre el terreno sin dificultad, no necesita ningún equipamiento especial, simplemente basta con desplegar los rollos en el lugar donde van a colocarse evitando dejar abultamientos.
- La durabilidad de un Geotextil No Tejido, es decir su resistencia al ataque medioambiental o químico producido durante la instalación, almacenaje y vida útil depende de las características inherentes de las fibras y de sus características químicas, que pueden ser controladas en el proceso de fabricación.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el factor seguridad para protección de geomembrana debe estar relacionado directamente con la magnitud del proyecto; en proyectos de rellenos sanitarios debe ser analizado con mucho cuidado, puesto que la falla de la geomembrana puede ocasionar filtración de lixiviados al subsuelo y posteriormente a las aguas subterráneas, generando un foco de contaminación de difícil detección.
- Se recomienda utilizar Geotextil de protección para geomembranas en superficies donde no se ha contemplado una compactación controlada, puesto que las geomembranas necesitan ser protegidas contra posibles daños mecánicos, sin capas de protección éstas sufrirían desperfectos irregulares generados por el suelo o bien del material de relleno, por lo tanto los geotextiles no tejidos son muy eficientes para proteger daños mecánicos.
- Para optimizar un proyecto de impermeabilización de reservorio, se recomienda tener en cuenta si emplear un Geotextil No Tejido para protección de geomembrana es la alternativa mas rentable, ya que se genera un ahorro en costos de construcción y de mantenimiento, ya que al utilizar un geotextil amortiguador se evitará la larga y costosa tarea de extraer, transportar e instalar capas de arena como colchón amortiguador para la geomembrana.

Se debe utilizar un factor de seguridad mayor para el diseño del geotextil de amortiguamiento de geomembrana en proyectos en los cuales la subrasante contenga un alto contenido de rocas aisladas de gran tamaño en su superficie.

## BIBLIOGRAFÍA

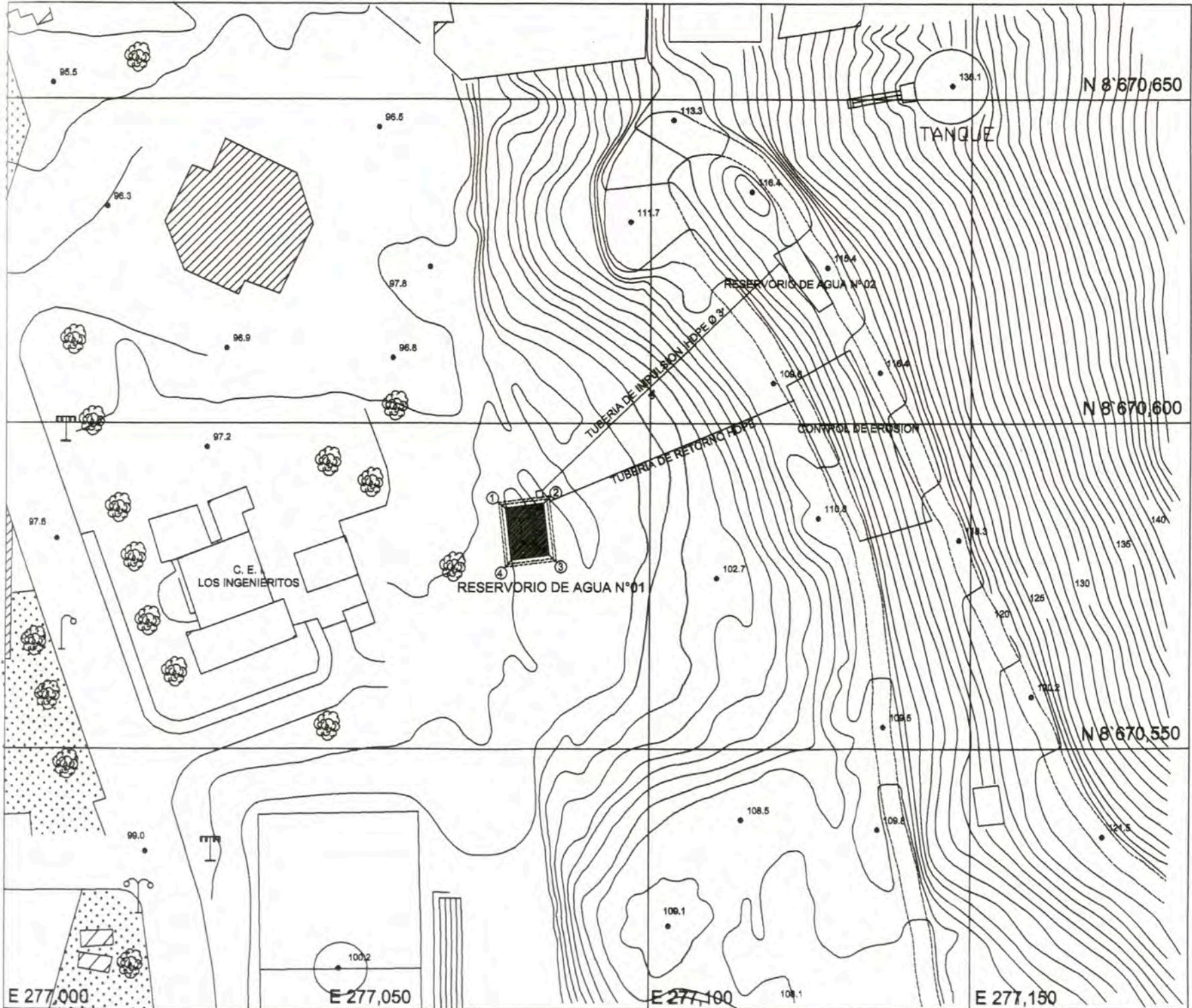
1. American Society for Testing and Materials - ASTM O 5261: Masa por unidad de área.
2. American Society for Testing and Materials - ASTM O 3776: Masa por unidad de área.
3. American Society for Testing and Materials - ASTM O 4632: Resistencia a la Tracción Grab.
4. American Society for Testing and Materials - ASTM O 4595: Resistencia a la Tensión Tira Ancha.
5. American Society for Testing and Materials - ASTM O 4533: Resistencia al desgarre trapezoidal.
6. American Society for Testing and Materials - ASTM O 3786: Resistencia al reventado.
7. American Society for Testing and Materials - ASTM O 4833: Resistencia al punzonado.
8. American Society for Testing and Materials - ASTM O 6241: Resistencia al punzonamiento CBR.
9. American Society for Testing and Materials - ASTM O 5199: Espesor nominal.
10. American Society for Testing and Materials - ASTM O 4751: Tamaño de abertura aparente.
11. American Society for Testing and Materials - ASTM O 4491: Permisibilidad

12. American Society for Testing and Materials - ASTM D 4491: Tasa de flujo.
13. American Society for Testing and Materials - ASTM D 4355: Resistencia a los rayos UV.
14. Bjerrum, L. Discussion to European Conference on Soil Mechanics Foundation Engineering. (Wiesbaden) Vol. 11,p.135. 1963.
15. Bowles, Joseph, E. Propiedades geofísicas de los suelos. Editorial McGraw-Hill. 1982. Bogotá (Wiesbaden) Vol. 11,p.135.
16. CISMID. Curso Taller de Mecánica de suelos y exploración geotécnica. 1999. Perú.
17. Geosynthetic Research Institute - GRI. 1994
18. Juarez Badillo - Rico Rodríguez. Mecánica de suelos. Tomo 11 Teoría y aplicaciones de la Mecánica de Suelos - Segunda Edición. 1979. México.
19. Koerner R.M., Designing with Geosynthetics, 5 ED., 2005. Estados Unidos de Norteamérica.
20. Nacional Highway Institute, Geosynthetic Design and Construction Guidelines, 1998, Virginia
21. Norma de Especificaciones Generales para construcción de Carreteras (EG - 2000). Lima, 2000.
22. Peck, R.; Hanson, W.; Thornburn, T. Ingeniería de cimentaciones. Editorial LIMUSA S.A. 1996. México, D.F.
23. Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E.030. Diseño sismorresistente. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Lima, 1997.

24. Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E.050. Suelos y cimentaciones. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Lima, 1997.
25. Reglamento Nacional de Edificaciones
26. Synthetic Industries. (1998). Smart Solutions Tecnical Notes. Estados Unidos
27. Terzaghi, K; Peck, R. (1986). Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Editorial El Ateneo. Buenos Aires.
28. Vesic, A. (1973). Análisis de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales. Boletín 308 - Instituto de Ingeniería UNAM, México.
29. Wayne C. Teng (1962). Foundation Design. 1ª Edition. Prentice-Hall, Inc. Chicago, Illinois.

# ANEXOS

## ANEXO -1: PLANOS DEL PROYECTO

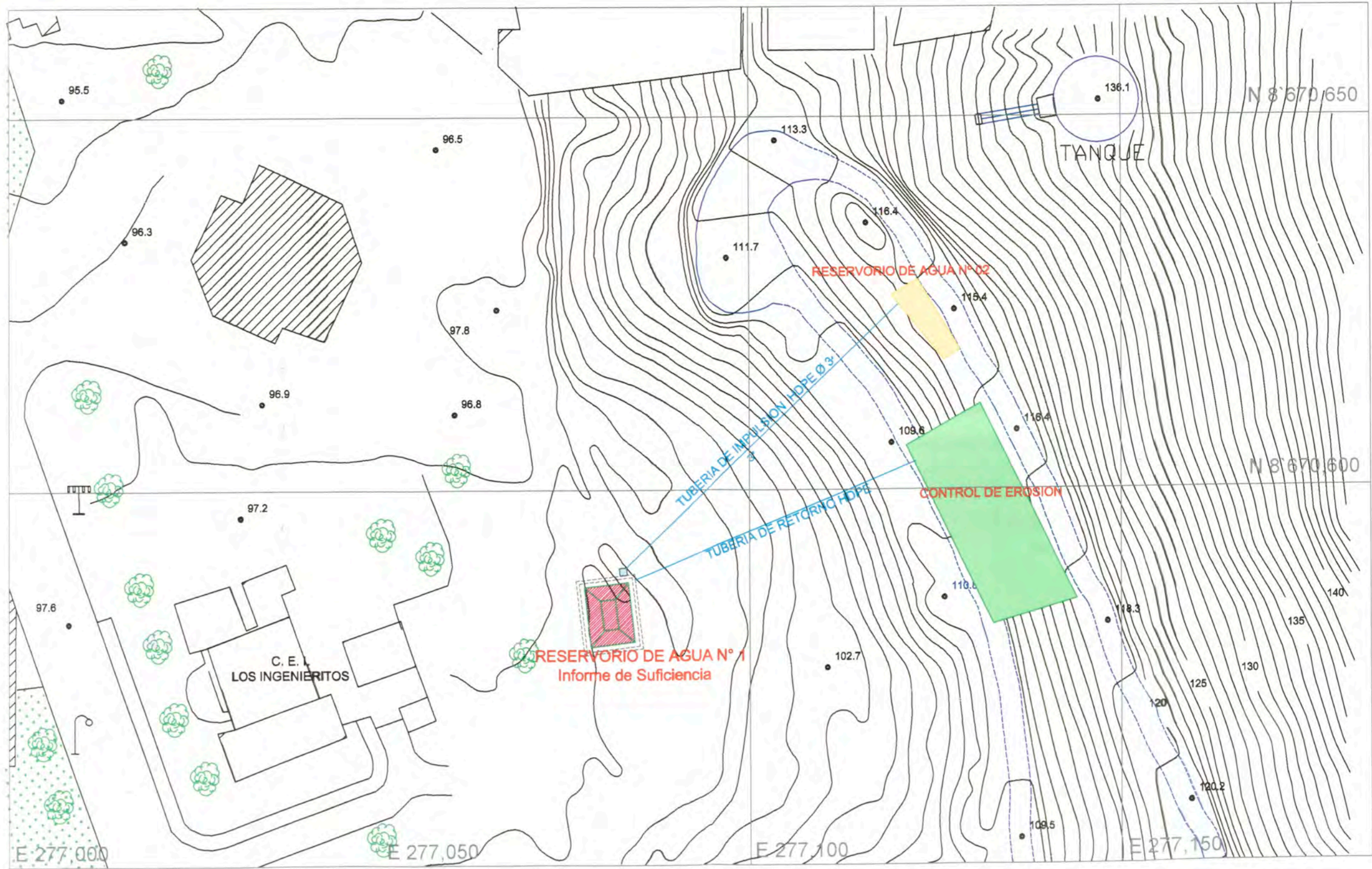


COORDENADAS DE UBICACION		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	8'670,587.0003	277,077.5202
2	8'670,587.6935	277,083.4800
3	8'670,579.7471	277,084.4042
4	8'670,579.0539	277,078.4444

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
Descripción: <b>UBICACION DEL PROYECTO</b>		
Proyecto: <b>IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE - GEOTEXTIL DE AMORTIGUAMIENTO</b>		
Fecha: <b>MAYO2007</b>	Escala: <b>1/100</b>	PLANO: <b>P-1UB</b>

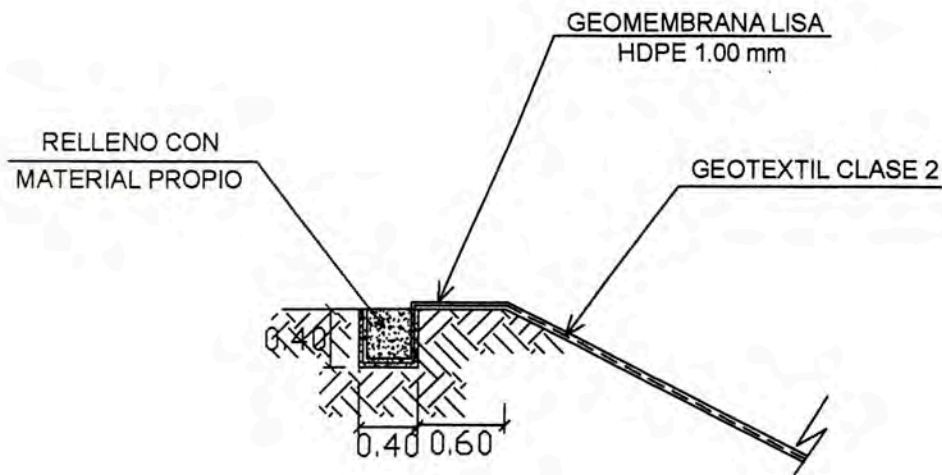
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT





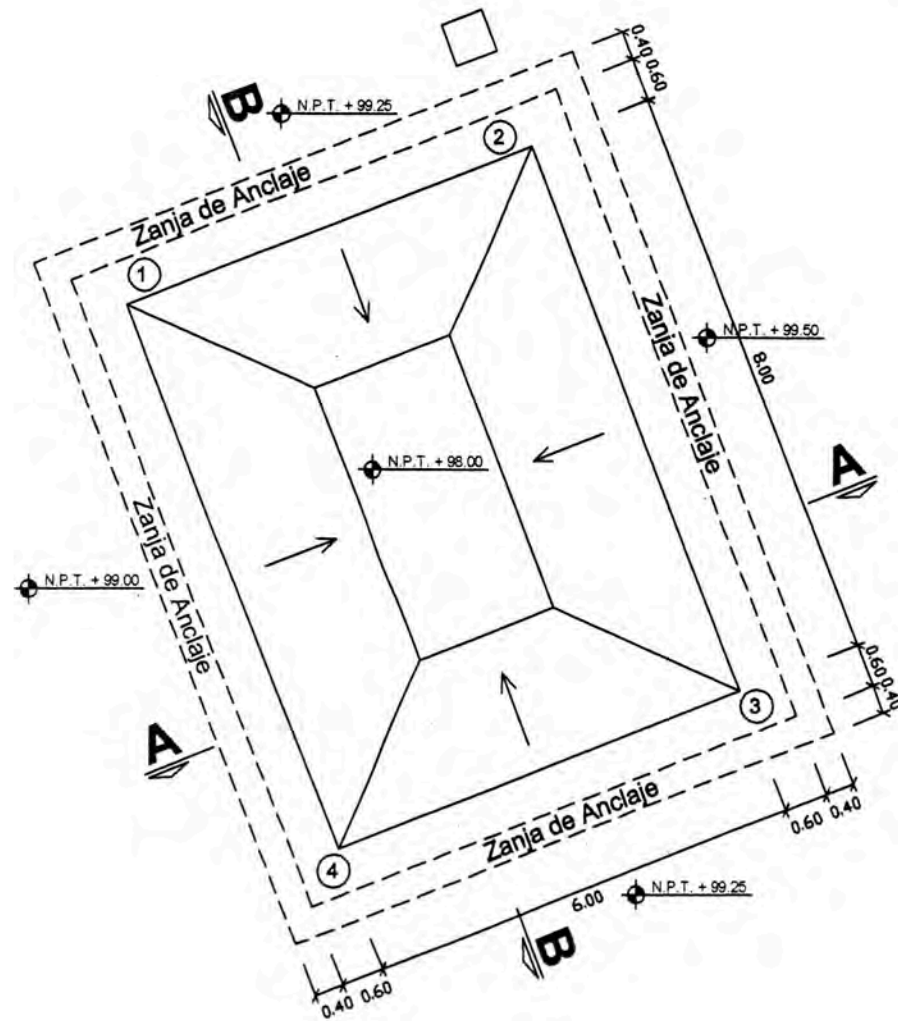
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
Descripción: SISTEMA INTEGRAL		
Proyecto: IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE - GEOTEXTIL DE AMORTIGUAMIENTO		
Fecha MAYO2007	Escala 1/100	PLANO: P-1SI

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



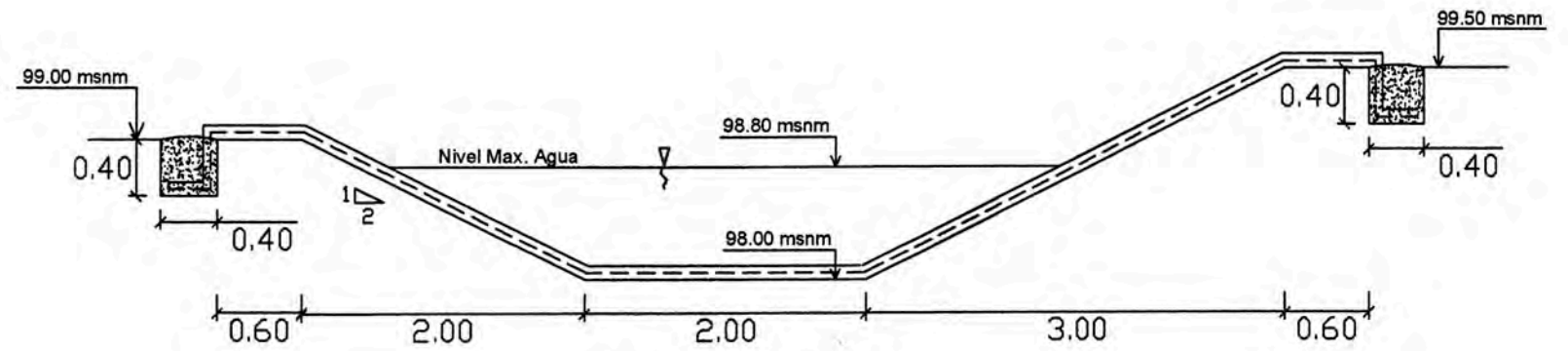
**DETALLE TIPICO DE ZANJA DE ANCLAJE EN POZA**

ESCALA 1 : 50



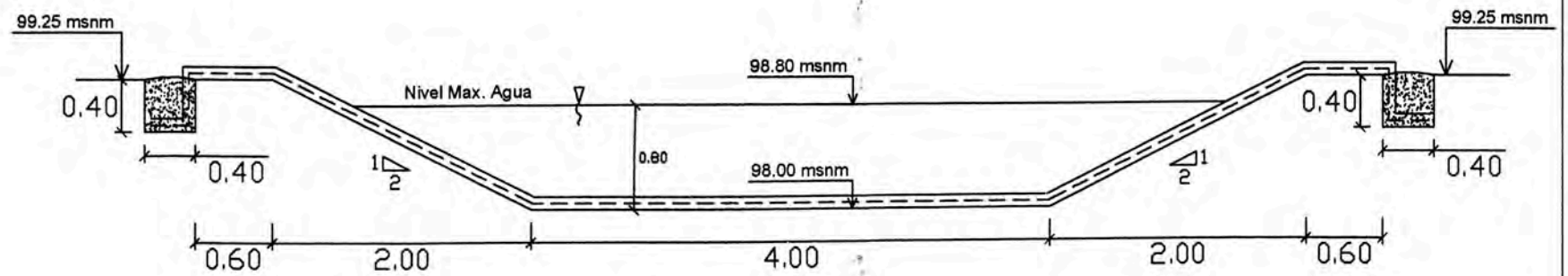
**VISTA EN PLANTA**

ESCALA 1 : 100



**CORTE A - A**

ESCALA 1 : 50



**CORTE B - B**

ESCALA 1 : 50

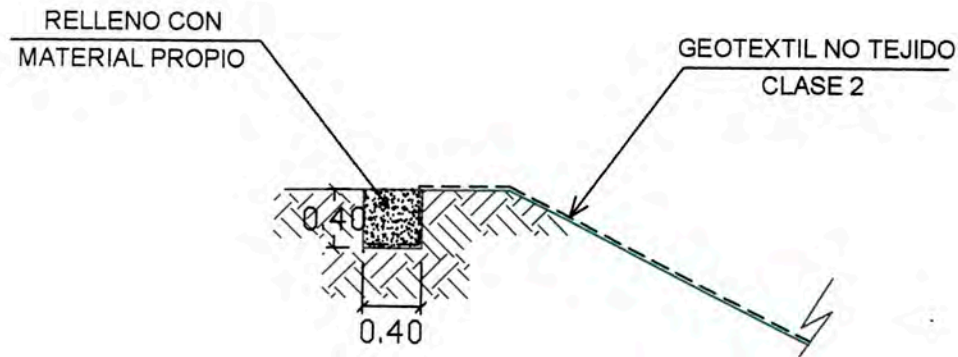
COORDENADAS DE UBICACION		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	8'670,587.0003	277,077.5202
2	8'670,587.6935	277,083.4800
3	8'670,579.7471	277,084.4042
4	8'670,579.0539	277,078.4444

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

Descripción:  
**PLANO EN PLANTA Y CORTES DE RESERVORIO DE AGUA**

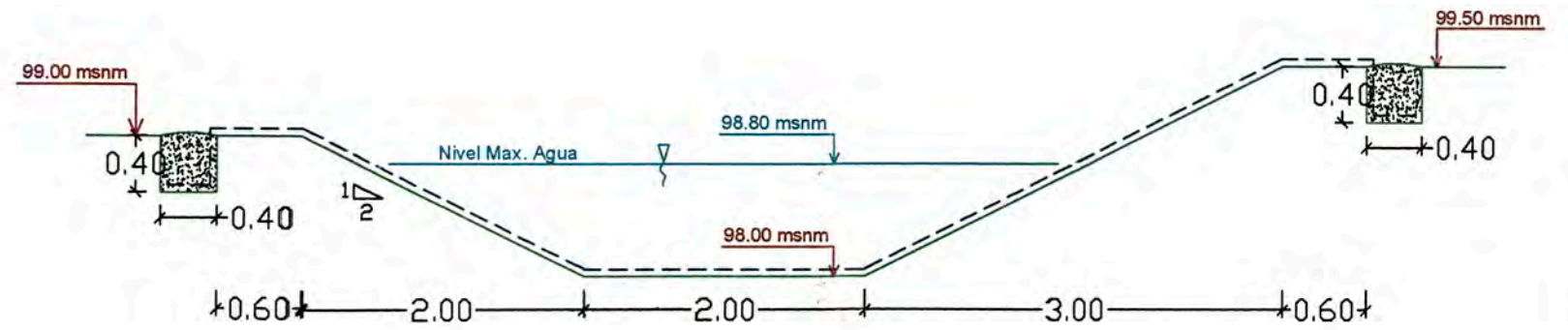
Proyecto:  
**IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE - GEOTEXTIL DE AMORTIGUAMIENTO**

Fecha	Escala	PLANO:
MAYO2007	1/100	P-1PC



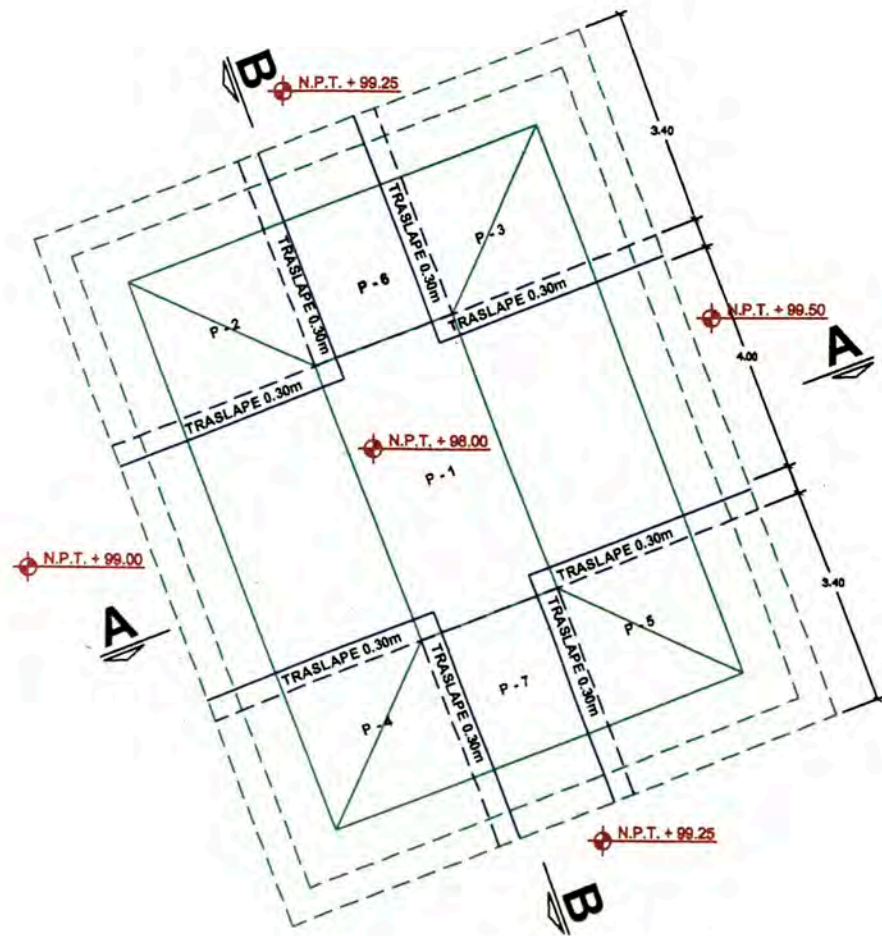
**DETALLE TIPICO DE ZANJA DE ANCLAJE EN POZA**

ESCALA 1 : 50



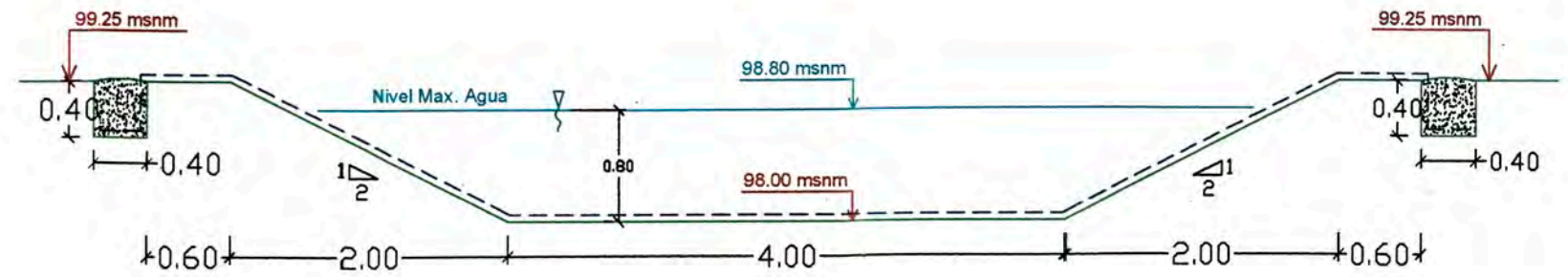
**CORTE A - A**

ESCALA 1 : 50



**VISTA EN PLANTA**

ESCALA 1 : 100



**CORTE B - B**

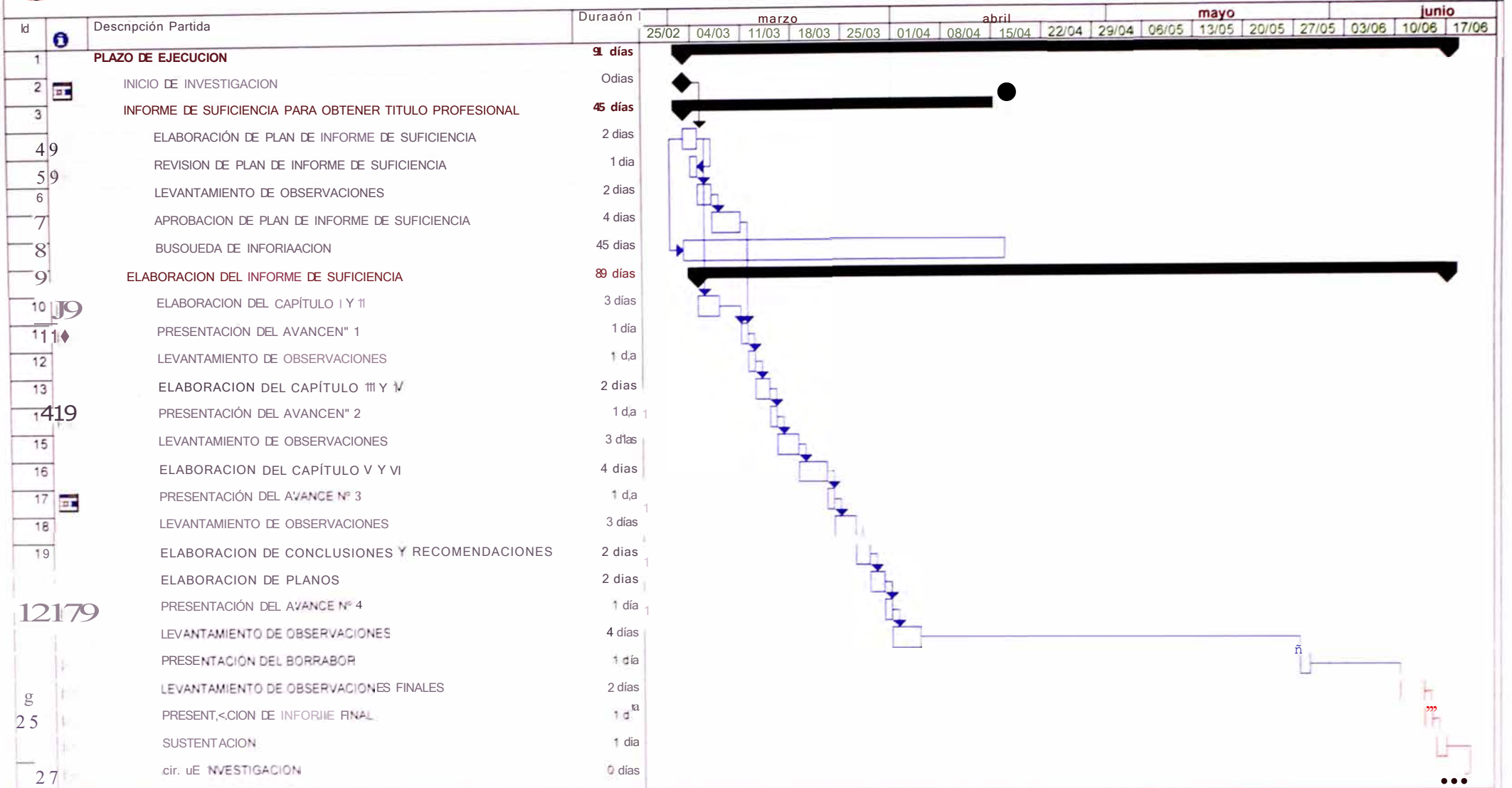
ESCALA 1 : 50

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
Descripción: <b>DETALLE DE INSTALACION DE GEOTEXTIL</b>		
Proyecto: <b>IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HDPE - GEOTEXTIL DE AMORTIGUAMIENTO</b>		
Fecha	Escala	PLANO:
MAYO2007	1/100	P-11G

## ANEXO - 2 : CRONOGRAMA DEL PROYECTO



### IMPERMEABILIZACIÓN DE RESERVOIRIO DE AGUA CON GEOMEMBRANAS DISEÑO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL DE AMORTIGUAMIENTO



12179

g  
25

27

t-UARO 1/0NTEAGUDO OFELIA	Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
	Tarea critica		Tarea critica resumida		Resumen del proyecto	
	Progreso		Hito resumido		Agrupar por síntesis	
	Hito		Progreso resumido		Fecha limite	
	Resumen		División			

## ANEXO - 3 MECÁNICA DE SUELO

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA C.E.I INGENIERITOS

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



GRUPO 9 S.A.

Lima, Marzo 2007

## INDICE

### 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Objeto del estudio
- 1.2 Delimitación del área de estudio
- 1.3 Alcance del estudio

### 2. INFORMACIÓN SOBRE EL ÁREA DE ESTUDIO

- 2.1 Ubicación y acceso
- 2.2 Topografía
- 2.3 Geología y Geomorfología
- 2.4 Clima y piso ecológico
- 2.5 Usos anteriores
- 2.6 Tipo de estructura y taludes proyectados

### 3. EXPLORACIÓN DEL SUELO

- 3.1 Programa de exploración
- 3.2 Programa de trabajos de campo
  - 3.2.1 Excavación de calicata
  - 3.2.2 Toma de muestras
  - 3.2.3 Densidad de campo
  - 3.2.4 Auscultación dinámica
- 3.3 Programa de ensayos de laboratorio
- 3.4 Resultados de ensayos de campo y laboratorio
  - 3.4.1 Caracterización física de suelos
  - 3.4.2 Peso volumétrico
  - 3.4.3 Auscultación dinámica
  - 3.4.4 Propiedades mecánicas
- 3.5 Perfil del suelo

### 4. ANÁLISIS DE LAS ESTABILIDAD DE TALUDES Y CAPACIDAD DE CARGA

- 4.1 Parámetros para el análisis de estabilidad de taludes del reservorio y diseño de los geosintéticos de impermeabilización y amortiguamiento a utilizar.
- 4.2 Capacidad de carga



4.3 Zonificación sísmica y efectos de sismo

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

5.2 Recomendaciones

## ANEXOS

ANEXO 1: ENSAYOS REALIZADOS

ANEXO 2: PLANOS

ANEXO 3: MAPA SISMICO

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Objeto del estudio

La Universidad Nacional de Ingeniería - Facultad de Ingeniería Civil viene elaborando el proyecto: Impermeabilización de Reservoirio de Agua con Geomembrana; por ello, con el fin de asegurar la estabilidad de la obra y de lograr un diseño racional del la inclinación del talud y de los adecuados geosintéticos a emplear, ha encomendado elaborar el estudio de mecánica de suelos en la zona donde se emplazará un reservoirio con fines de impermeabilización.

### 1.2 Delimitación del área de estudio

La zona donde se emplazará el reservoirio de agua, 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 Nido "Los Ingenieritos"; ocupa aproximadamente 100.00m<sup>2</sup> y se constituye en el área de estudio.

### 1.3 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.

## 2 INFORMACIÓN SOBRE EL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 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 Nido "Los Ingenieritos". Ver Plano ES-01 - Anexo 2.

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.

### 2.2 Topografía

El área de estudio tiene una extensión superficial de 80.00m<sup>2</sup>, 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.

### 2.3 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.

## **2.4 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.

## **2.5 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. Ingenieritos y alumnos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

## **2.6 Tipo de estructura y taludes proyectados**

Las inclinaciones más adecuadas de los taludes de un reservorio, depende de varios factores, siendo los principales la función del reservorio, la 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 reservorio.

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 reservorio con una geomembrana HOPE 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 reservorio y los recubrimientos y protecciones adecuadas deberá aportar criterios técnicos que sustenten esta decisión.

### 3 EXPLORACIÓN DEL SUELO

#### 3.1 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.

#### 3.2 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.

### **3.2.1 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. (Véase Plano ES-02: Ubicación de Calicata - Anexo 2)

### **3.2.2 Toma de muestras**

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

### **3.2.3 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.

### **3.2.4 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 1.

**Cuadro 1**  
**Registro de ensayos de Auscultación**  
**Dinámica con el Penetrómetro Ligero - DPL**

Calicata € - 1A		Calicata € - 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	

### 3.3 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.

### 3.4 Resultados de ensayos de campo y laboratorio

#### 3.4.1 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. Los resultados se muestran en el Anexo IA, sin embargo en el Cuadro 2 se muestra un resumen de los mismos:

**Cuadro 2**  
**Caracterización física de suelos**

<b>CALICATA</b>	<b><u>C-1</u></b>	<b>C-1 A</b>	<b>C-2 A</b>
<b>Muestra/ Prof. (m)</b>	M-1 (3.00)	M-2 (1.50)	M-2 (2.00)
<b>Ret. N° 4 (%)</b>	67.30	75.03	74.87
<b>Pasa N° 200 (%)</b>	9.70	21.51	11.0
<b>L.L.</b>	23.3	22.42	20.27
<b>I.P.</b>	4.8	6.80	3.11
<b>Contenido de humedad(%)</b>	16.53	4.70	2.42
<b>SUCS</b>	GP-GC	GP-GC	GP-GC



### 3.4.2 Peso volumétrico

De acuerdo con los ensayos de densidad de campo realizados nos permite definir un peso volumétrico natural de  $20 \text{ kN/m}^3$  ( $2000 \text{ kg/m}^3$ ).

### 3.4.3 Auscultación dinámica

Con el equipo DPL se ha obtenido un número de golpes cada 10 cm ( $C_p$ ), el mismo que se correlaciona con el N del SPT según la relación  $N=1,06 C_p$ . (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.

### 3.4.4 Propiedades mecánicas

Del ensayo de corte directo, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales son presentados en el cuadro 3:

**Cuadro 3**  
**Propiedades Mecánicas**

Propiedad Mecánica	C - 1 M1	C - 1 A M3
Angulo de fricción ( $\phi$ )	33.9°	21.7°
Cohesión ( $\text{kg/cm}^2$ )	0.09	0.053

### 3.5 Perfil del suelo

Considerando las observaciones de campo y los resultados de ensayos de caracterización física, a continuación se presenta el cuadro 4 y 5 donde se describe el suelo por estratos identificados. Ver Plano ES-03 - Anexo 2

#### Cuadro 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 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.

#### 4. ANÁLISIS DE LAS ESTABILIDAD DE TALUDES Y CAPACIDAD DE CARGA

##### 4.1 Parámetros para el análisis de estabilidad de taludes del reservorio y diseño de los geosintéticos de impermeabilización y amortiguamiento a utilizar.

Para el análisis de estabilidad de taludes del reservorio 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/m<sup>3</sup> ( 1.90 g/cm<sup>3</sup>)
- Cohesión, (c) : 0.01 Kg/cm<sup>2</sup>
- Angulo de fricción interna : 32°

##### 4.2 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 reservorio.

<b>c</b>	=	1.00	kN/m <sup>2</sup>
<b>y<sub>1</sub></b>	=	19.00	kN/m <sup>3</sup>
<b>y<sub>2</sub></b>	=	9.80	kN/m <sup>3</sup>
<b>B</b>	=	2.00m	
<b>D<sub>f</sub></b>	=	0.00	m
<b>H</b>	=	0.80	m

Capacidad de Carga admisible del suelo de fundación:

$$q_{admisible} = c + y_2 * D_f * N_q + 0.5 y_1 B N_y$$

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

$$N_e = 45$$

$$N_q = 30$$

$$N_y = 30$$

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

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

La capacidad portante generada por el almacenamiento del agua:

$$q_{\text{potante}} = \gamma^2 * H$$

$$q_{\text{potante}} = 7.84 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{potante}} = 0.08 \text{ Kg/cm}^2$$

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

### 4.3 Zonificación sísmica y efectos de sismo

#### 4.3.1 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 Mapa de Zonas Sísmicas - Anexo 3).

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 Tabla 1. 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<sub>p</sub> : 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.

Tabla 1

<b>FACTORES DE ZONA</b>	
ZONA	Z
3	0,4
2	0,3
1	0,15

### Datos para el análisis sísmico

El reservorio será evaluado con un coeficiente de aceleración  $A=0.40g$  para la zonificación 3 del distrito del Rimac considerado de acuerdo con el Mapa de Aceleraciones Sísmicas del Perú Norma E030 para un Período de retorno de 50 años.

Coeficiente de aceleración sísmica atenuado  $(A/2)^1 = 0.20g$

### Cargas

Se considera una carga viva distribuida de 5 kPa. (Reglamento Nacional de Edificaciones)

#### 2.3.1.2 Modelamiento de Estabilidad

Para analizar todos los mecanismos de falla que se presentarán en el talud del reservorio, se ha utilizado el método de Bishop modificado.

### Datos de Ingreso al programa:

#### **Document Name**

File Name: Reservorio de Agua

#### **Project Settings**

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: *Off*

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: *Off*

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

#### **Analysis Methods**

---

<sup>1</sup> Nacional Highway Institute. Geosynthetic Design and Construction Guidelines- 1998

## Análisis de estabilidad de taludes

El talud correspondiente a las paredes del reservorio proyectado, fue analizado tanto estáticamente como dinámicamente (pseudo estáticamente).

De acuerdo con las investigaciones desarrolladas por la Federal Highway Administration FHWA, los factores de seguridad recomendados para el talud del reservorio son los siguientes:

F.S. Estático = 1.3

F.S. sísmico = 1.1

### 2.3.1.1 Datos del talud

#### Geometría del talud

Longitud	= 2.00m
Altura	= 1.50m.
Inclinación	= 1H: 2V

#### Propiedades mecánicas del suelo

- Suelo a 1.40m de profundidad
  - Angulo de fricción interna del suelo =  $33^{\circ}$
  - Cohesión = 0.5 kPa
  - Peso volumétrico natural =  $21 \text{ kN/m}^3$
- Suelo a 1.40 - 2.00m de profundidad
  - Angulo de fricción interna del suelo =  $21^{\circ}$
  - Cohesión = 1 kPa
  - Peso volumétrico natural =  $18 \text{ kN/m}^3$
- Suelo a 2.00 - 3.00m de profundidad
  - Angulo de fricción interna del suelo =  $32^{\circ}$
  - Cohesión = 1 kPa
  - Peso volumétrico natural =  $19 \text{ kN/m}^3$

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Janbu simplified

Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

### **Surface Options**

Surface Type: Circular

Radius increment: 10

Mínimum Elevation: Not Defined

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

### **Loading**

2 Distributed Loads present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 5 kN/m

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 5 kN/m

### **Material Properties**

Material: SUELO C - 1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 1 kPa

Friction Angle: 32 degrees

Water Surface: None

Material: SUELO C - 1A

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 1 kPa

Friction Angle: 21 degrees

Water Surface: None

Material: SUELO C - 2A

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion: 0.5 kPa

Friction Angle: 33 degrees

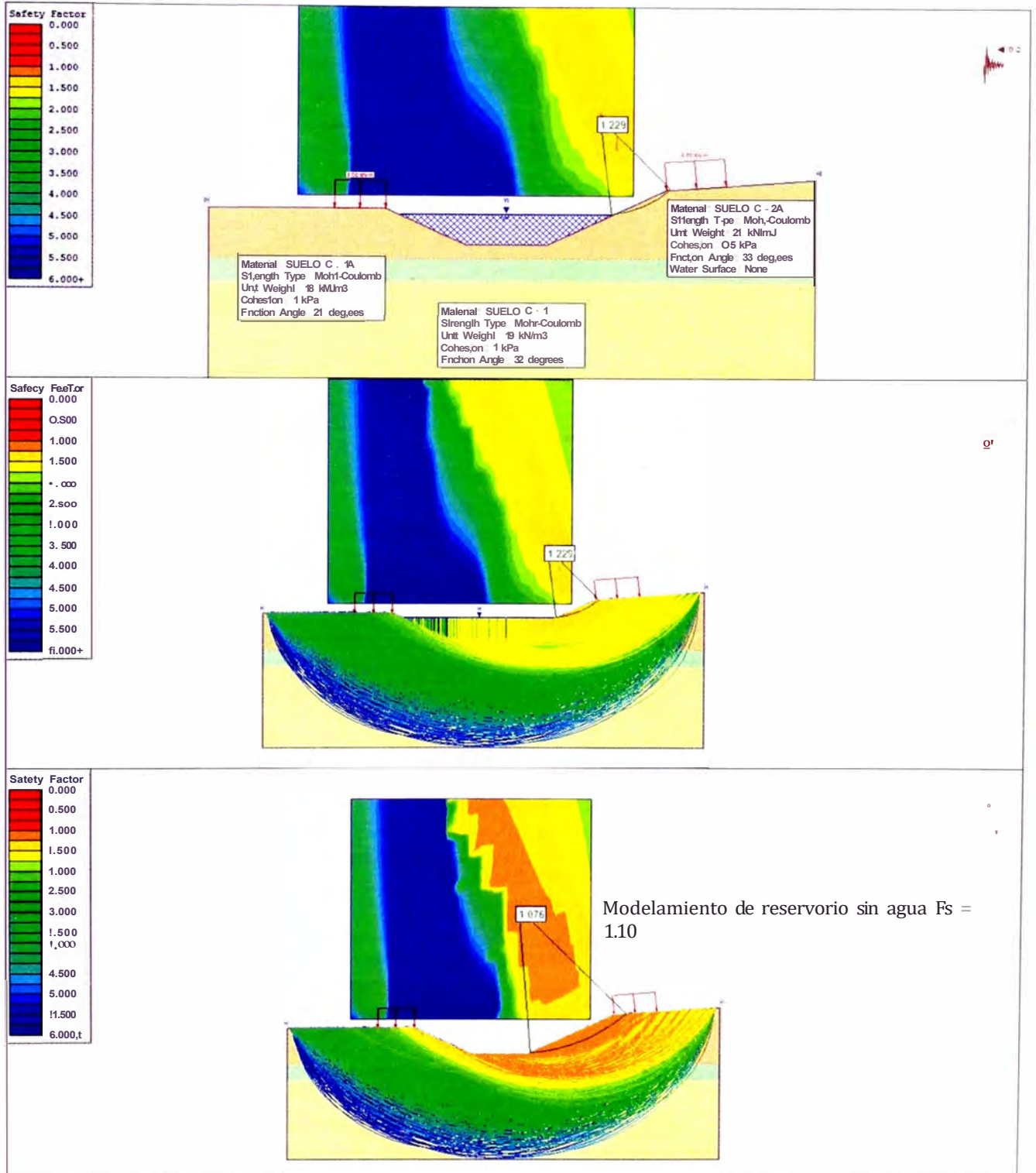
Water Surface: None

A continuación se presenta el resultado de los modelamientos realizados, donde se observa las diferentes curvas de falla que presenta el talud, y su respectivo factor de seguridad.



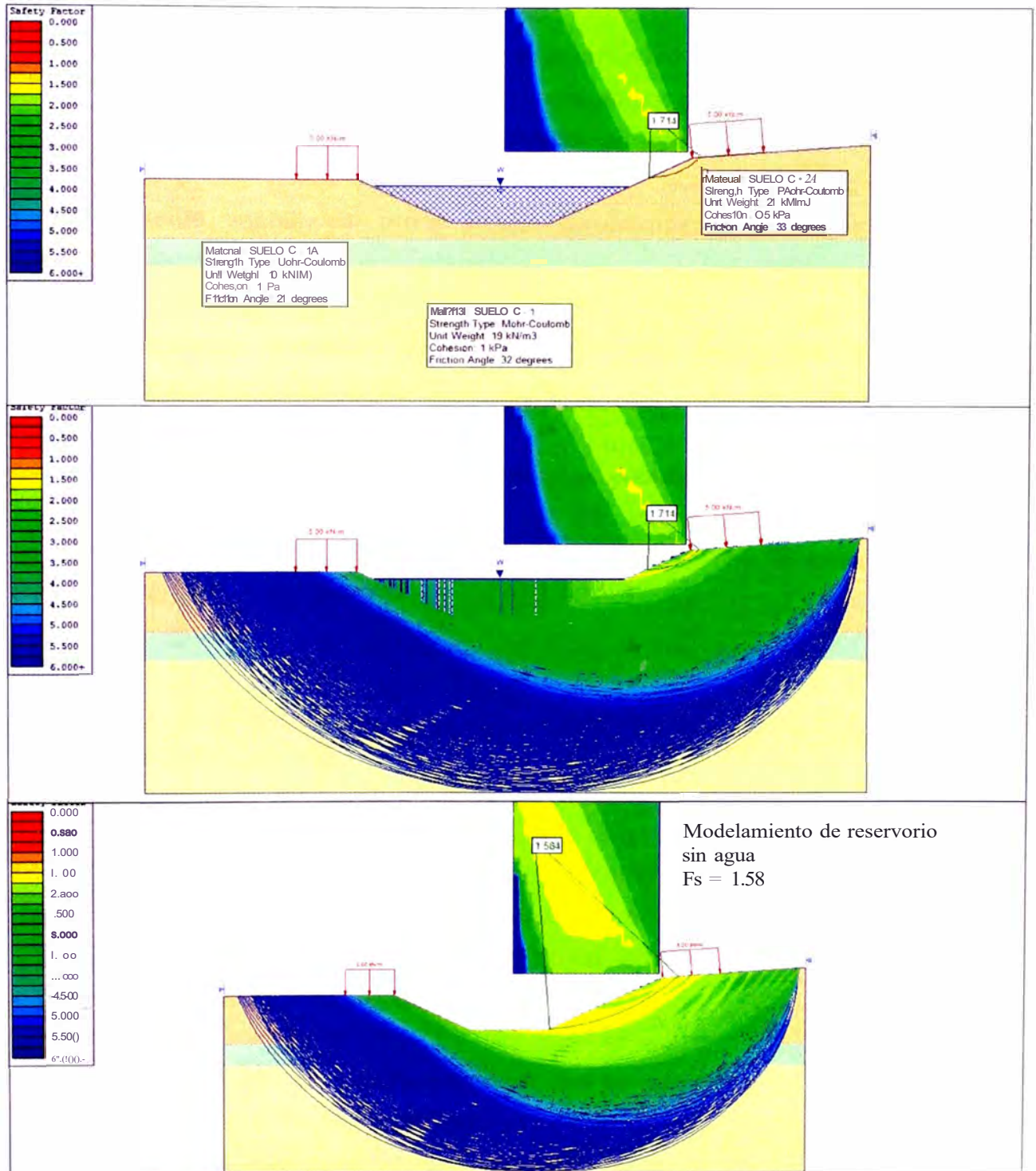
### Modelamiento Sísmico

Se realizó considerando la ubicación de la zona sísmica del proyecto (N.T.E. 0.30), el modelamiento del reservorio en operación da un factor de seguridad FS= 1.23



### Modelamiento estático

En el cual se observa que el modelamiento del reservorio operativo da un factor de seguridad  $FS = 1.71$



## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- 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, raices, 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/ cm<sup>2</sup>).
- Para efectos de diseño sismorresistente se adoptará el perfil de suelo S<sub>2</sub> (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<sub>p</sub> 0,6 segundos.

### 5.2 Recomendaciones

- 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.

- Si durante la construcción del reservorio de agua, el contratista llegara 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.

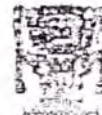
## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Wayne C. Teng (1962). Foundation Desing. Chicago, Illinois.
- CISMID (1999). Curso Taller de Mecánica de suelos y exploración geotécnica. Perú.
- Juarez Badillo - Rico Rodríguez (1979) Mecánica de suelos. Tomo 11 Teoría y aplicaciones de la Mecánica de Suelos - Segunda Edición. México.
- Bjerrum, L (1963). Discussion to European Conference on Soil Mechanics Foundation Engineering. (Wiesbaden) Vol. 11,p.135.
- Bowles, Joseph, E (1982). Propiedades geofísicas de los suelos. Editorial McGraw-Hill, Bogotá(Wiesbaden) Vol. 11,p.135.
- Peck, R.; Hanson, W.; Thornburn, T. (1996). Ingeniería de cimentaciones. Editorial LIMUSA S.A. México, D.F.
- Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E.030. Diseño sismorresistente. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Lima, 1997.
- Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E.050. Suelos y cimentaciones. Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Lima, 1997.
- Terzaghi, K; Peck, R (1986). Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Editorial El Ateneo. Buenos Aires.
- Vesic, A. (1973). Análisis de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales. Boletín 308 - Instituto de Ingeniería UNAM, México.

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE  
LABORATORIO**



LABORATORIO DE HIDRÁULICA  
 AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



LABORATORIO GEOTECNICO

INFORME DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DETERMINACION DE HUMEDAD  
 GRUPO N° 19  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA Y GANADERA  
 SANTIAGO DE CHILE  
 FECHA: 10 DE MARZO DE 2010

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

MUEST

CALICATA		e • 1	e • 1	e • 1
MUESTRA N°		1-1	1-2	1-3
PROFUNDIDAD (m)		0.30-1.20	1.20-1.50	1.50-2.00
FRASCO No		27	18	9
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	110.83	125.70	95.20
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	108.32	120.78	88.50
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	2.51	4.92	6.70
4. Peso de recipiente	grs	13.35	14.82	12.36
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs	94.97	105.96	76.14
6. Contenido de humedad	(3)/(5) * 100 %	2.64	4.70	8.81

MUES-AS

CALICATA		e • 2	e • 2
MUESTRA N°		11-1	11-2
PROFUNDIDAD (m)		1.00-0.90	(1.00-2.00)
FRASCO No		313	192
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	112.20	107.10
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	110.92	105.72
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	1.28	1.38
4. Peso de recipiente	grs	109.64	104.34
5. Peso de suelo seco	(2) - (4) grs	1.28	1.38
6. Contenido de humedad	(3)/(5) * 100 %	3.02	2.42

MUES-TRAS

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 %		

AL TUP3C t2=rp Ptea. J 1  
 Ca: a Ljn; @ii rfa1/1-ti lie ts: r=2  
 .f (t1, 11s...?1a: .!!: jn2\_ .qg7 S:22:tf3  
 en:11. h."QIVk-1'r m  
 (3/5) ico 1/2!







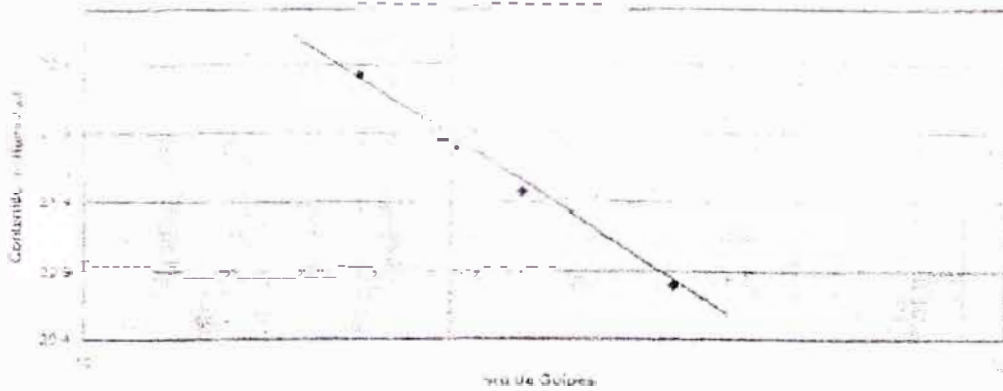


### LIMITES DE ATTERBERG

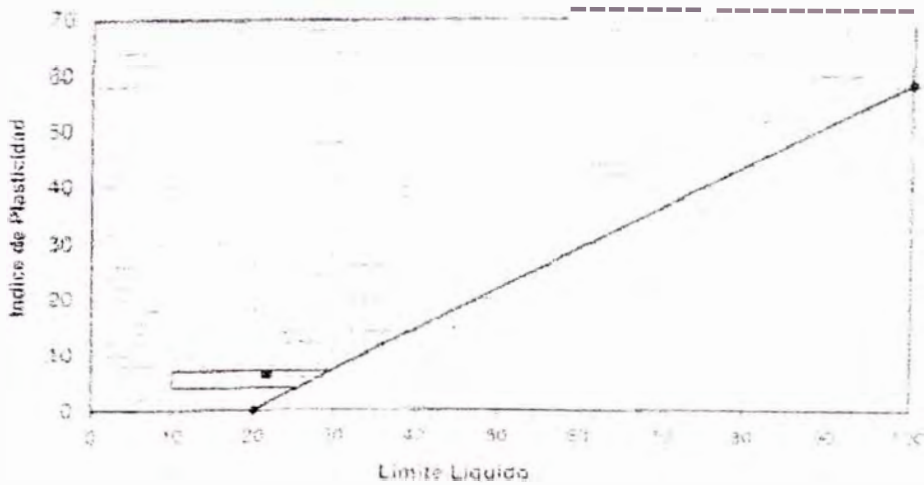
Descripción	W <sub>L</sub> (%)	W <sub>P</sub> (%)	IL (%)	IP (%)
PESC CAPSULA	25.25	17.35	8.90	7.90
PESC ASFA	22.5	15.0	7.5	7.5
<b>Media</b>	<b>23.88</b>	<b>16.17</b>	<b>7.72</b>	<b>7.72</b>
<b>Clasificación</b>	<b>U<sub>L</sub> = 1.7</b>	<b>U<sub>P</sub> = 1.0</b>	<b>U<sub>I</sub> = 2.3</b>	<b>U<sub>I</sub> = 2.3</b>

$I_p = 6.37$

### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



### CARTA DE PLASTICIDAD



DESCRIPCION DEL MATERIAL

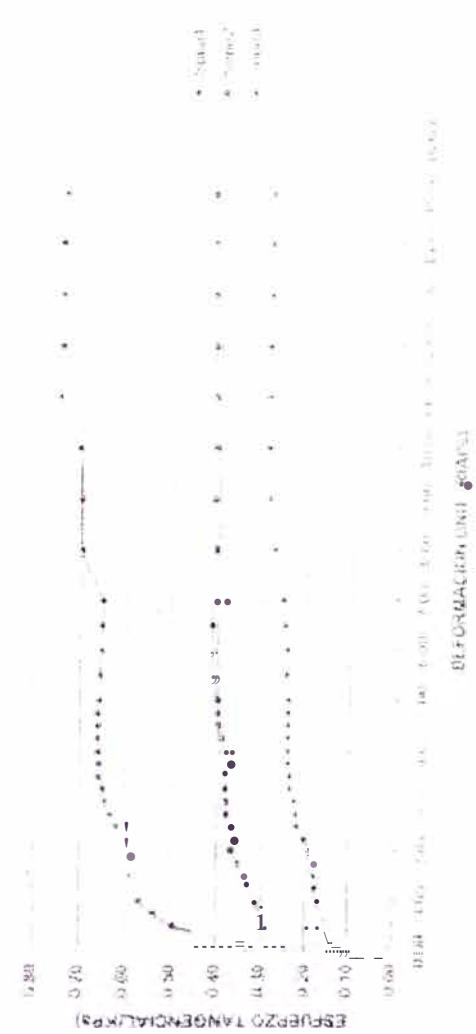
32



ENSAJO DE TENSION COMPRESION

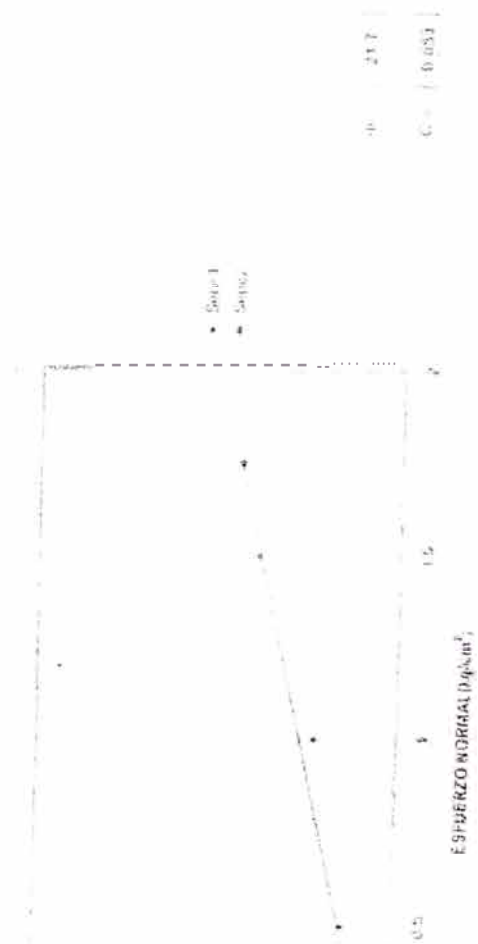
DIAM. (mm)	ALARGAMIENTO (mm)	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACION (mm)
1.00	0.00	0.00	0.00
1.00	0.01	1.00	0.01
1.00	0.02	2.00	0.02
1.00	0.03	3.00	0.03
1.00	0.04	4.00	0.04
1.00	0.05	5.00	0.05
1.00	0.06	6.00	0.06
1.00	0.07	7.00	0.07
1.00	0.08	8.00	0.08
1.00	0.09	9.00	0.09
1.00	0.10	10.00	0.10
1.00	0.11	11.00	0.11
1.00	0.12	12.00	0.12
1.00	0.13	13.00	0.13
1.00	0.14	14.00	0.14
1.00	0.15	15.00	0.15
1.00	0.16	16.00	0.16
1.00	0.17	17.00	0.17
1.00	0.18	18.00	0.18
1.00	0.19	19.00	0.19
1.00	0.20	20.00	0.20
1.00	0.21	21.00	0.21
1.00	0.22	22.00	0.22
1.00	0.23	23.00	0.23
1.00	0.24	24.00	0.24
1.00	0.25	25.00	0.25
1.00	0.26	26.00	0.26
1.00	0.27	27.00	0.27
1.00	0.28	28.00	0.28
1.00	0.29	29.00	0.29
1.00	0.30	30.00	0.30
1.00	0.31	31.00	0.31
1.00	0.32	32.00	0.32
1.00	0.33	33.00	0.33
1.00	0.34	34.00	0.34
1.00	0.35	35.00	0.35
1.00	0.36	36.00	0.36
1.00	0.37	37.00	0.37
1.00	0.38	38.00	0.38
1.00	0.39	39.00	0.39
1.00	0.40	40.00	0.40
1.00	0.41	41.00	0.41
1.00	0.42	42.00	0.42
1.00	0.43	43.00	0.43
1.00	0.44	44.00	0.44
1.00	0.45	45.00	0.45
1.00	0.46	46.00	0.46
1.00	0.47	47.00	0.47
1.00	0.48	48.00	0.48
1.00	0.49	49.00	0.49
1.00	0.50	50.00	0.50
1.00	0.51	51.00	0.51
1.00	0.52	52.00	0.52
1.00	0.53	53.00	0.53
1.00	0.54	54.00	0.54
1.00	0.55	55.00	0.55
1.00	0.56	56.00	0.56
1.00	0.57	57.00	0.57
1.00	0.58	58.00	0.58
1.00	0.59	59.00	0.59
1.00	0.60	60.00	0.60
1.00	0.61	61.00	0.61
1.00	0.62	62.00	0.62
1.00	0.63	63.00	0.63
1.00	0.64	64.00	0.64
1.00	0.65	65.00	0.65
1.00	0.66	66.00	0.66
1.00	0.67	67.00	0.67
1.00	0.68	68.00	0.68
1.00	0.69	69.00	0.69
1.00	0.70	70.00	0.70
1.00	0.71	71.00	0.71
1.00	0.72	72.00	0.72
1.00	0.73	73.00	0.73
1.00	0.74	74.00	0.74
1.00	0.75	75.00	0.75
1.00	0.76	76.00	0.76
1.00	0.77	77.00	0.77
1.00	0.78	78.00	0.78
1.00	0.79	79.00	0.79
1.00	0.80	80.00	0.80
1.00	0.81	81.00	0.81
1.00	0.82	82.00	0.82
1.00	0.83	83.00	0.83
1.00	0.84	84.00	0.84
1.00	0.85	85.00	0.85
1.00	0.86	86.00	0.86
1.00	0.87	87.00	0.87
1.00	0.88	88.00	0.88
1.00	0.89	89.00	0.89
1.00	0.90	90.00	0.90
1.00	0.91	91.00	0.91
1.00	0.92	92.00	0.92
1.00	0.93	93.00	0.93
1.00	0.94	94.00	0.94
1.00	0.95	95.00	0.95
1.00	0.96	96.00	0.96
1.00	0.97	97.00	0.97
1.00	0.98	98.00	0.98
1.00	0.99	99.00	0.99
1.00	1.00	100.00	1.00

ENSAYO DE CORTE DIRECCION



DEFORMACION (mm)

ENSAYO DE CORTE DIRECCION









UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
VICERRECTORIA ACADÉMICA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN N.º 17

ANÁLISIS DE

ANÁLISIS DE LA FRACCIONACIÓN DE LA PASTA DE MADERA

GRUPO N.º 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FECHA: 01/01/2010

PROFESOR: DR. JOSÉ LUIS GARCÍA

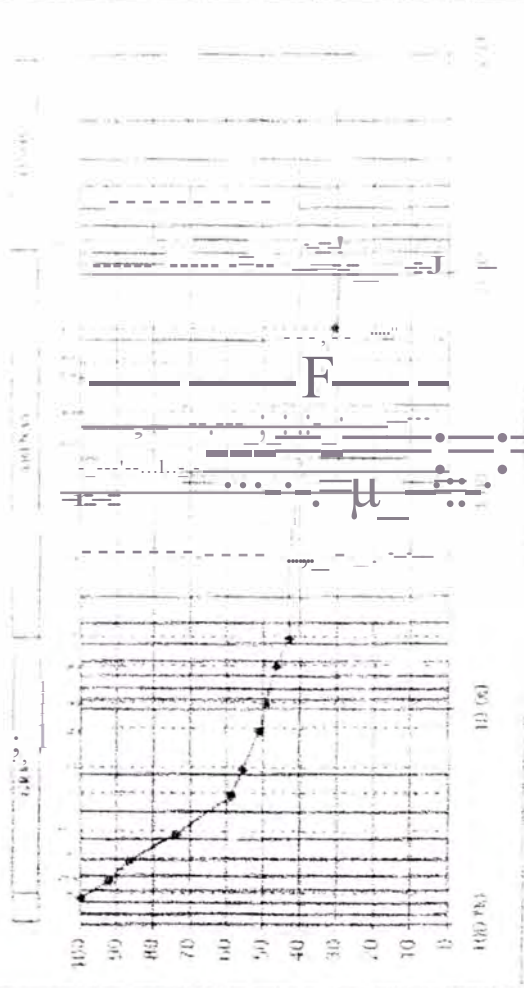
FECHA	2010
GRUPO	01/01/2010
PROFESOR	DR. JOSÉ LUIS GARCÍA

FECHA	01/01/2010
GRUPO	01/01/2010
PROFESOR	DR. JOSÉ LUIS GARCÍA

4550 LB

PASOS	DESEMPERDADA	PERDIDA	PERCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
1	76.20	2.410	90.00
2	62.350	1.810	92.25
3	51.620	1.410	96.78
4	49.120	1.360	98.14
5	47.000	1.310	99.01
6	45.330	1.260	99.71
7	44.000	1.210	99.90
8	42.800	1.160	99.97
9	41.600	1.110	99.99
10	40.400	1.060	99.99
11	39.200	1.010	99.99
12	38.000	0.960	99.99
13	36.800	0.910	99.99
14	35.600	0.860	99.99
15	34.400	0.810	99.99
16	33.200	0.760	99.99
17	32.000	0.710	99.99
18	30.800	0.660	99.99
19	29.600	0.610	99.99
20	28.400	0.560	99.99
21	27.200	0.510	99.99
22	26.000	0.460	99.99
23	24.800	0.410	99.99
24	23.600	0.360	99.99
25	22.400	0.310	99.99
26	21.200	0.260	99.99
27	20.000	0.210	99.99
28	18.800	0.160	99.99
29	17.600	0.110	99.99
30	16.400	0.060	99.99
31	15.200	0.010	99.99
32	14.000	0.000	99.99

ANÁLISIS POR FRACCIONADO



Dr. José Luis García  
Catedrático de Ingeniería y Tecnología de la Madera  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
VICERRECTORIA ACADÉMICA



# LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA

## ANÁLISIS DE AGUA POTABLE



N.º de muestra: 1001

FECHA: 10/05/58

OBJETO: ANÁLISIS DE AGUA POTABLE

UBICACIÓN: ...

PROYECTO: ...

CLIENTE: ...

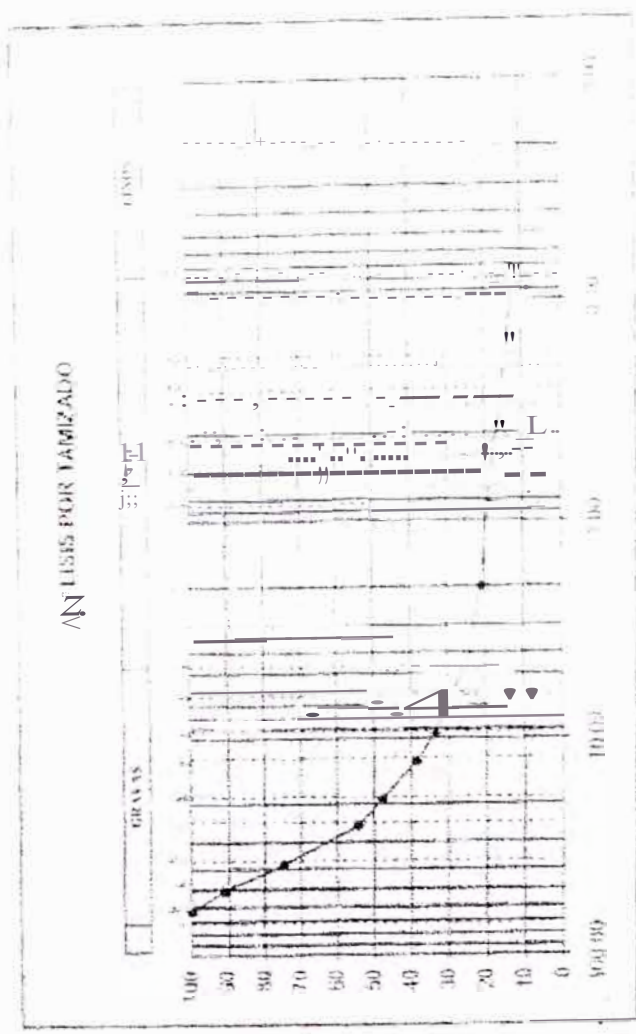
ANÁLISIS: ...

RESULTADOS: ...

COMENTARIOS: ...

OTROS DATOS: ...

TAMBEZ	DESEMPESON ABORTIVA (g. eq.)	FECHA DE MUESTRA (día)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
1	70.200	10/05/58	100.00
2	83.600	10/05/58	81.15
3	100.000	10/05/58	79.28
4	120.000	10/05/58	74.30
5	140.000	10/05/58	67.79
6	160.000	10/05/58	59.95
7	180.000	10/05/58	51.53
8	200.000	10/05/58	42.45
9	220.000	10/05/58	33.07
10	240.000	10/05/58	23.26
11	260.000	10/05/58	13.60
12	280.000	10/05/58	8.36
13	300.000	10/05/58	3.07
14	320.000	10/05/58	15.12
15	340.000	10/05/58	18.44
16	360.000	10/05/58	11.09
17	380.000	10/05/58	12.22
18	400.000	10/05/58	0.00



Centro de Hidráulica y Saneamiento de la Universidad Nacional de Ingeniería  
 Calle 1501, 1503 y 1505, Lima 10, Perú. Teléfono: 411-1111





# 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

### INFORMEN° 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 HOPE  
 UBICACIÓN : Zona de Ingenieros· Campus UNI  
 FECHA : 09. Marzo del 2007

#### ENSAYOS ESTÁNDAR

#### I ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - 0422

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	<b>18.2</b>
N° 40	17.1
N° 60	15.1
N° 100	12.2
N° 200	9.7
<hr/>	
% de Grava	67.3
% de Arena	23.0
% de Finos	9.7

LIMITE LIQUIDO (Á) 23.3

ASTM 04318

LIMITE PLASTICO (Á) 18.5

ASTM 04318

INDICE DE PLASTICIDAD(%) 4.8

CLASIFICACION SUCS GP-GC

**MILTONSON NOREÑA VALVERDE.**  
 BACH. ING. RESPONSABLE DE AREA  
 Lab. de Mecánica de Suelos UN

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





# 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

#### 11 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 <sup>3</sup> )	1.560	1.560	1.560
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	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
Área final de muestra (cm)	1.954	1.831	1.736
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.774	1.876	1.955
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	1.507	1.608	1.696
Cont. de humedad final (%)	17.7	16.6	15.3
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.50	1.00	1.50
Esfuerzo de corte (kg/cm <sup>2</sup> )	0.424	0.760	1.116
Angulo de fricción interna :	<b>33.9 °</b>		
Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.09</b>		

#### 111 DENSIDAD MAXIMA Y DENSIDAD MINIMA ASTM 0-425"

Densidad maxima (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.45  
 Densidad mínima (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.71

Densidad natural (cono 12") (gr/cm<sup>3</sup>) 2.17

Muestras remitidas a identificadas por el solicitante

Realizado por. rec. Jorge Chávez U

Revisado por. Bach. Irig. N Noreña V

**NILTHSON NOREÑA VALVERDE.**  
 BACH. ING. RESPONSABLE DE AREA  
 Lab. de Mecánica de Suelos UN

Vº Sº ~~WAZARES~~ a  
 WAZARES  
 ING. JEFE DEL LABORATORIO  
 Lab. de Mecánica de Suelos UN



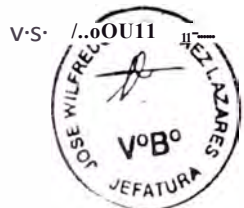
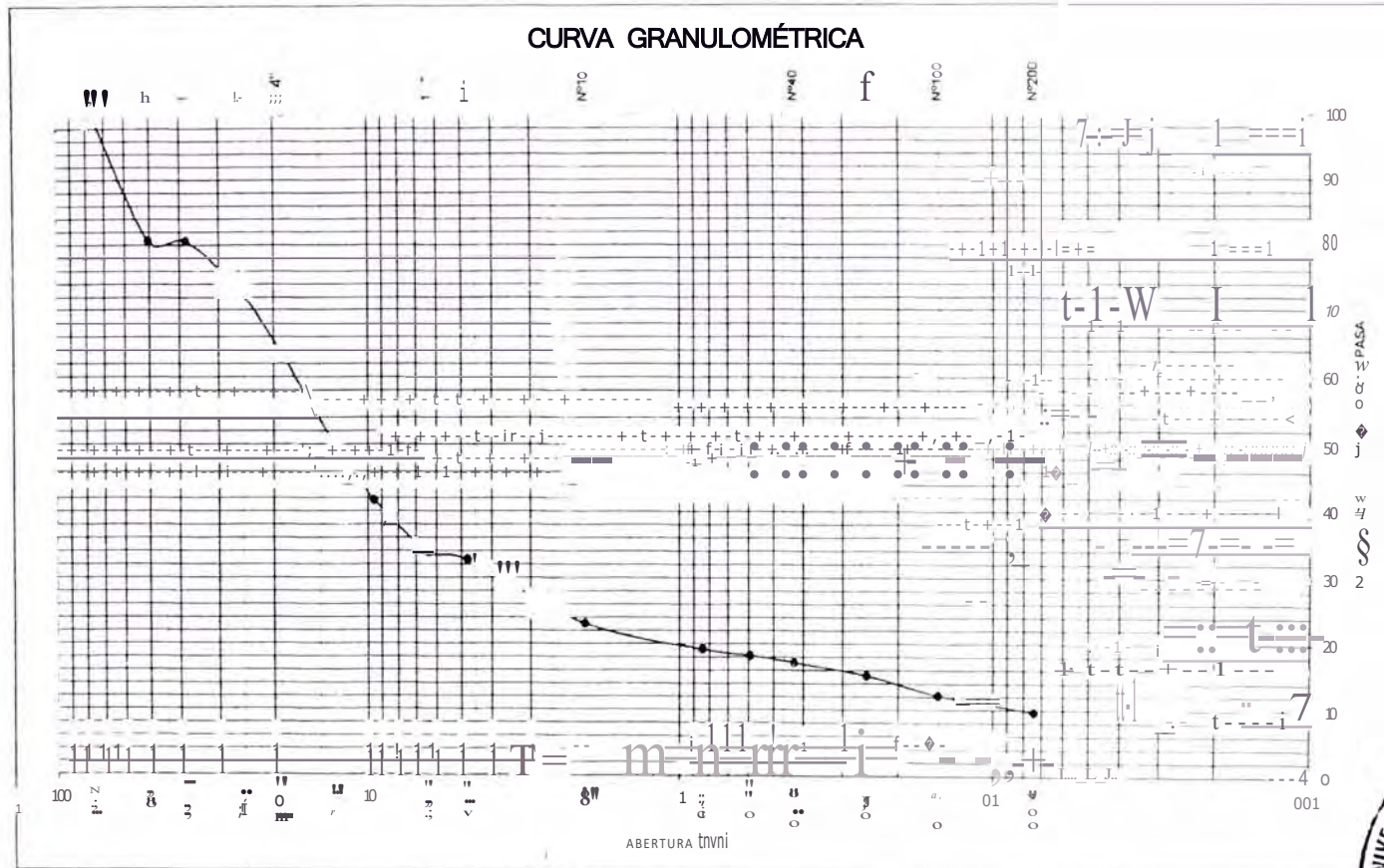


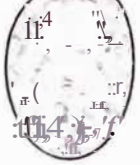
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D -422</b>	<b>INFORME N° S07 - 120</b>
-------------------------------------------------------------	-----------------------------

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

Solicitado : GRUPO N°01 DEL CURSO DE TITULACION APLICACION DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE ING  
 Proyecto : IMPERMEABILIZACION DE RESERVOIRIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HOPE  
 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





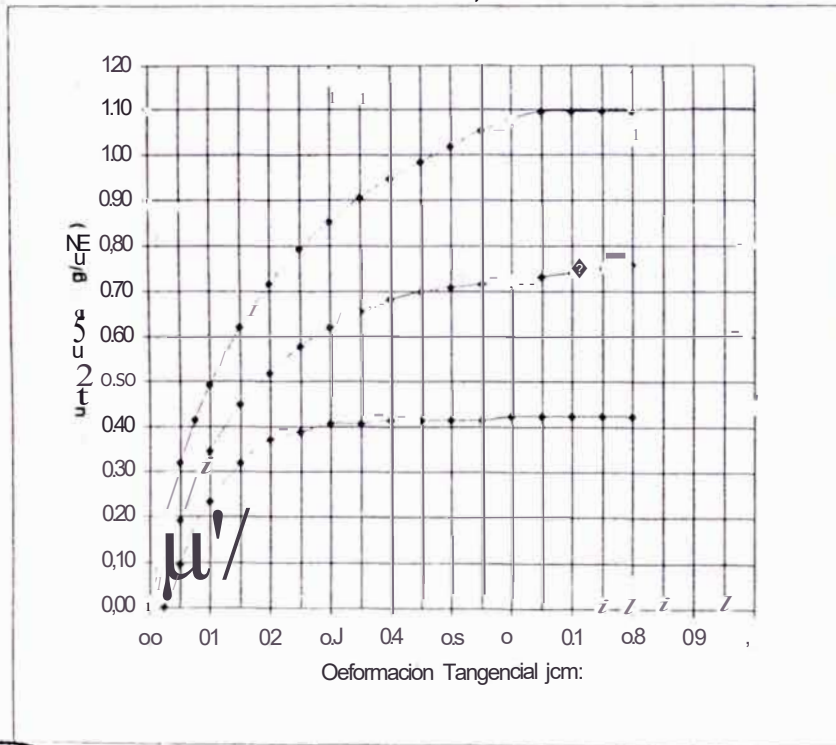
### ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM 03080

### INFORMEN° S07 -120

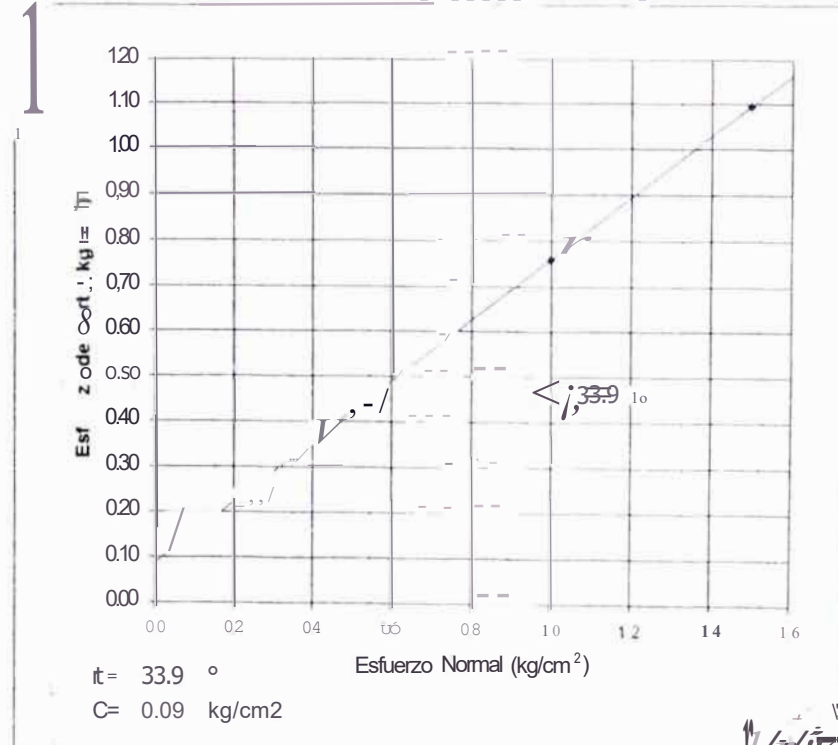
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
 Muestra : M-1  
 Calicata : C-1  
 Prof (m) : 3.00

SOLICITADO : GRUPO N08 DEL CURSO DE TIULACION APLICACION DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE ING.  
 PROYECTO : IMPERMEABILIZACION DE RESERVORIO DE AGUA CON GEOMEMBRANA HOPE  
 UBICACION : Zona de Ingenieros • Campus UNI  
 FECHA : 09, Marzo del 2007

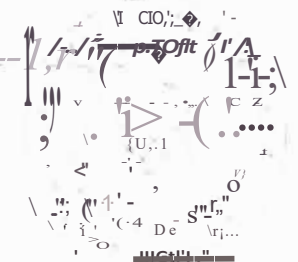
DEFORMACION TANGENCIAL vs, ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



$\phi = 33.9^\circ$   
 $C = 0.09 \text{ kg/cm}^2$



ENSAYO PE CORTE DIRECTO

Solicitado Ing. Jose Martinez Del Rosario  
 Proyecto Laboratorio Nacional De Hidraulica  
 Ubicación  
 Constante Dial de carga 0.451  
 Muestra C-1173  
 Descripción CORTE DIRECTO Prof

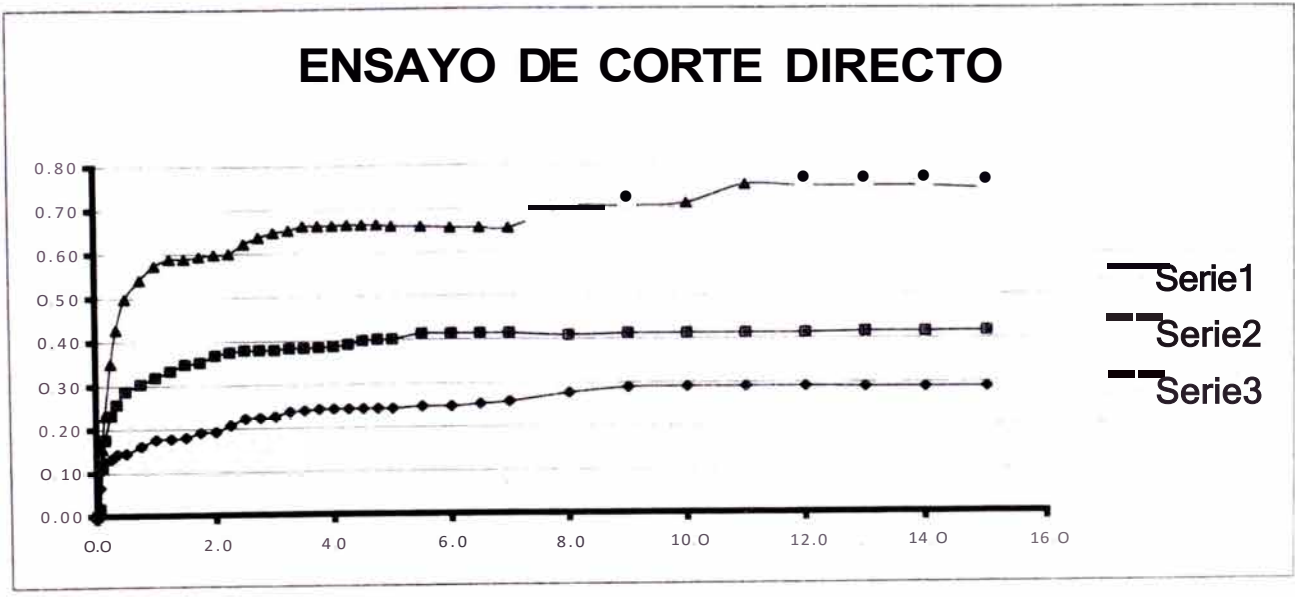
FECHA, 11-MAYO-2007

Area de Contacto 28 2743

ALTERAOA 1.34  
 Peso:: 75 78

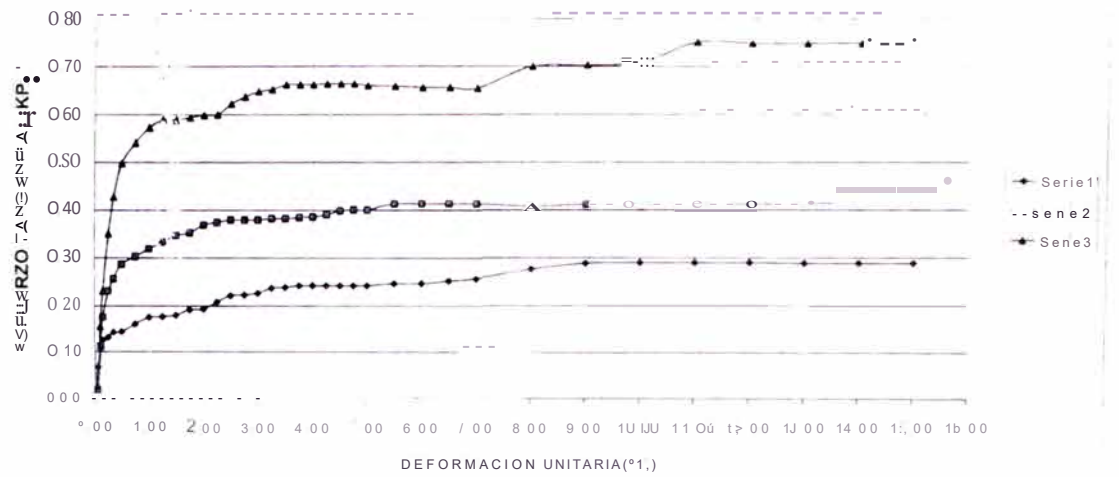
Vímat 1	14.55	%	Nfina 2	1.51	oo	vímat 3	14.88	%
---------	-------	---	---------	------	----	---------	-------	---

D>+OS DE LABORATORIO				CALCULOS					
	J 5 Kg/cm			g/cm			* 5 ,<g,cm		
Deflexión	Deflexión	Fuerza	Esfuerzo	Deflexión	Fuerza	Esfuerzo	Deflexión	Fuerza	Esfuerzo
mm	mm	kg	kg/cm2	mm	kg	kg/cm2	mm	kg	kg/cm2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.00	0.85	0.07	0.00	0.05	0.02	0.50	0.68	0.2
0.10	3.80	1.07	0.11	0.10	1.06	0.11	0.90	1.12	0.3
0.15	7.90	3.56	0.13	0.10	4.96	0.18	14.50	6.54	0.3
0.25	8.30	3.74	0.13	14.50	6.54	0.23	22.00	9.92	0.35
0.35	9.00	0.06	0.14	16.00	7.26	0.25	26.80	12.09	0.3
0.50	9.10	1.10	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	10.12	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	14.00	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	8.6	0.24	24.20	10.91	0.39	41.50	18.72	0.66
4.25	15.20	6.66	0.24	24.50	11.05	0.39	41.60	18.76	0.66
4.50	15.20	6.66	0.24	25.00	11.28	0.40	41.60	18.76	0.66
4.75	15.00	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	9.9	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
11.00	18.20	8.21	0.29	25.80	11.64	0.41	47.10	21.24	0.75
12.00	18.20	8.21	0.29	25.80	11.64	0.41	46.90	21.15	0.75
13.00	18.10	8.16	0.29	26.00	11.73	0.41	46.90	21.15	0.75
14.00	18.10	8.16	0.29	26.00	11.73	0.41	46.90	21.15	0.75
15.00	18.10	8.16	0.29	26.10	11.77	0.42	46.50	20.97	0.74

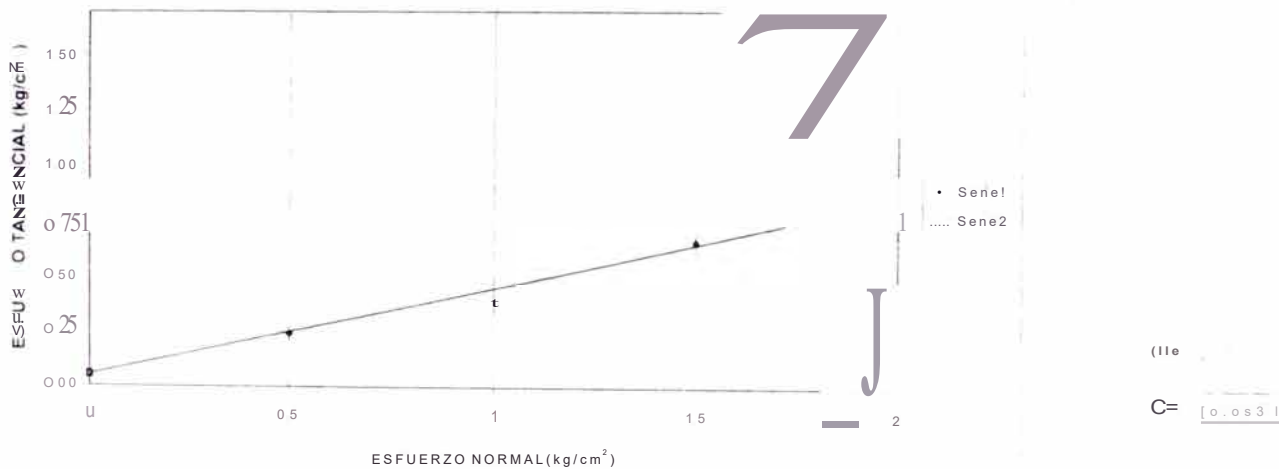


DHOAMACION UNIFORME		ESFUERZO NÚMERO (KG/CM <sup>2</sup> )						
	0.00	1.00	1.50	ALFA 2	ALFA23	ALFA13	PROM123	PROM IL J
0.00	000	000	000	0	0	0	0.0	0.0
0.10	001	001	001	-565	091	-24	-24	-24
0.20	002	002	002	037	510	27	27	27
0.30	003	003	003	565	6J7	60	60	60
0.40	004	004	004	111	13.48	12.3	123	12.3
0.50	005	005	005	276	18.66	16.9	16.8	16.8
0.60	006	006	006	665	22.84	194	194	19.3
0.70	007	007	007	665	25.42	208	20.7	208
0.80	008	008	008	1602	28.90	217	21.5	21.5
0.90	009	009	009	1735	27.04	22.4	22.3	22.2
1.00	010	010	010	1862	25.72	22.2	22.2	22.1
1.10	011	011	011	1786	25.72	21.9	21.8	21.8
1.20	012	012	012	19J4	24.87	221	22.0	22.0
1.30	013	013	013	1862	24.22	214	214	210
1.40	014	014	014	1753	25.87	21.8	217	21.7
1.50	015	015	015	1735	27.19	22.4	22.3	22.3
1.60	016	016	016	1703	28.19	22.8	22.7	228
1.70	017	017	017	1619	28.33	22.5	22.3	22.3
1.80	018	018	018	1602	29.17	22.9	22.7	22.8
1.90	019	019	019	1665	29.03	22.8	22.5	22.4
2.00	020	020	020	1602	28.89	22.6	22.8	22.5
2.10	021	021	021	1662	28.61	22.8	22.7	226
2.20	022	022	022	1735	27.90	22.8	22.7	22.6
2.30	023	023	023	1153	27.76	22.8	22.7	22.6
2.40	024	024	024	1753	27.47	22.7	22.8	22.5
2.50	025	025	025	1835	26.16	22.4	22.3	22.3
2.60	026	026	026	1135	25.87	22.2	22.1	22.1
2.70	027	027	027	1786	25.87	22.0	21.9	21.9
2.80	028	028	028	1735	25.72	21.7	21.6	21.5
2.90	029	029	029	1183	30.26	23.0	22.7	22.6
3.00	030	030	030	1380	30.28	225	22.2	22.0
3.10	031	031	031	1363	31.20	247	202	21.9
3.20	032	032	032	1363	33.95	21.8	201	21.9
3.30	033	033	033	1115	33.69	24.7	242	23.9
3.40	034	034	034	1115	33.69	24.7	24.2	23.9
3.50	035	035	035	1132	33.06	24.4	23.9	23.7

### ENSAYO DE CORTE DIRECTO



### ENSAYO DE CORTE DIRECTO





## ANEXO - 4 : PANEL FOTOGRÁFICO





**Foto 1: Reconocimiento del área de trabajo - Estado inicial de terreno donde fue ejecutado el proyecto**



**Foto 2: Excavación de Reservorio**



**Foto 3: Toma de muestras para Ensayos de Suelos**



**Foto 4: Conformación y Refine de fondo y paredes de reservorio de agua**



**Foto 5: Transporte y almacenamiento del Geotextil No Tejido de amortiguamiento.**



**Foto 6: Transporte del Geotextil No Tejido de amortiguamiento a pie de obra.**



**Foto 7: Colocación del Geotextil No Tejido sobre una superficie lisa (empaque plástico del geotextil) sobre el terreno.**



**Foto 8 Inspección visual de la calidad del Geotextil No Tejido proveído**



**Foto 9: Colocación del Geotextil No Tajido**



**Foto 10: Colocación de primer panel de Geotextil No Tejido.**



**Foto 11: Paneles de Geotextil No Tejido, cubre zanja de anclaje.**



**Foto 12: Durante la colocación de los paneles de Geotextil No Tejido, se debe asegurar que cada panel este lo mas extendido posible, sin dobleces, ni abultamientos.**



**Foto 13: Revisión de primer panel instalado, - En las zonas abultadas ejercer tensión a lo largo del panel.**



**Foto 14: Verificando el traslape entre paneles**



**Foto 15: Traslape entre paños de Geotextil No Tejido -  
Uniones por aire caliente**