

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**MUROS DE CONTENCION CON SUELO REFORZADO
PROCESO CONSTRUCTIVO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JUAN FRANCISCO CASTELLANOS SULCA

Lima- Perú

2007

INDICE

RESUMEN	- 1 -
RELACION DE CUADROS	- 3 -
RELACION DE FIGURAS	- 4 -
INTRODUCCIÓN	- 6 -
I. ESTABILIDAD DE TALUDES	- 8 -
1.1 Nociones Básicas de Estabilidad de Taludes.	- 8 -
1.2 Estabilización de Taludes con Suelo Reforzado.	- 8 -
1.3 Suelo Reforzado.	- 11 -
1.4 Estabilización de taludes aplicando geosintéticos.	- 12 -
II. SUELO REFORZADO CON SISTEMA TERRAMESH	- 14 -
2.1 Descripción del Sistema Terramesh	- 14 -
2.2 Tipos de Sistema Terramesh	- 17 -
2.2.1 Terramesh System	- 17 -
2.2.2 Terramesh Verde	- 20 -
2.3 Características Generales	- 22 -
2.3.1 Flexibilidad	- 22 -
2.3.2 Versatilidad	- 22 -
2.3.3 Permeabilidad	- 22 -
2.3.4 Simplicidad Constructiva	- 22 -
2.3.5 Otras Características	- 23 -

III. PROCESO CONSTRUCTIVO	- 24 -
3.1 Obras provisionales y preliminares	- 24 -
3.1.1 Trabajos Preeliminarios	- 24 -
3.1.2 Vías de Acceso	- 25 -
3.1.3 Limpieza y Preparación del Terreno	- 25 -
3.2 Excavación Masiva	- 27 -
3.3 Preparación de la Plataforma	- 27 -
3.4 Colocación de los Elementos Terramesh	- 29 -
3.5 Llenado de las Cajas de los Elementos Terramesh	- 31 -
3.6 Colocación del Geotextil de Separación	- 34 -
3.7 Colocación del Relleno Compactado	- 35 -
3.8 Conformación del muro	- 38 -
3.9 Construcción de drenajes	- 40 -
3.10 Resultado final	- 41 -
IV. CONSTRUCCION DE MODELO EXPERIMENTAL	- 42 -
4.1 Memoria Descriptiva	- 42 -
4.2 Levantamiento Topográfico	- 43 -
4.3 Estudio Geotécnico	- 44 -
4.3.1 Geología	- 44 -
4.3.2 Investigación Geotécnica	- 45 -
4.3.3 Análisis de la Cimentación	- 49 -
4.3.4 Proyección Estereográfica del Macizo Rocosó	- 54 -

4.3.5	Deslizamiento Planar por Esfuerzo Cortante	- 56 -
4.4	Diseño y Análisis	- 59
4.5	Proceso Constructivo	- 62 -
4.6	Presupuesto de Obra	- 62 -
	CONCLUSIONES	- 64
	RECOMENDACIONES	- 65
	BIBLIOGRAFIA	- 66
	ANEXOS	- 67 -
Anexo I	Estudio Geotécnico	- 67 -
Anexo II	Ensayos de Laboratorio	- 74 -
Anexo III	Cálculos de Diseño	- 89 -
Anexo IV	Especificaciones Técnicas	- 102 -
Anexo V	Planos del Proyecto	- 112 -
Anexo VI	Presupuesto de Obra	- 118 -
Anexo VII	Guía de Instalación de Terramesh System	- 127 -
Anexo VIII	Guía de Instalación de Terramesh Verde	- 130 -
Anexo IX	Panel Fotográfico	- 132 -

RESUMEN

En el presente Informe de Suficiencia se describe y analiza el proceso constructivo de un muro de contención aplicando el Sistema Terramesh, con la finalidad de conocer más este proceso constructivo se construyó un modelo experimental en el campus de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El Sistema Terramesh es una alternativa para la contención o estabilización de taludes y terraplenes; es una estructura de suelo reforzado, ya que la estabilización del talud se logra mediante el inserto de elementos de refuerzo que resistan la tracción.

Los elementos que conforman el muro de contención con el Sistema Terramesh son los siguientes:

- Paramento frontal (gavión) y panel de anclaje, los cuales conforman el elemento Terramesh. Los gaviones consisten en mallas hexagonales de doble torsión fabricada con alambres de acero revestidos con galfán y PVC. Los gaviones serán llenados con piedras redondeadas y/o angulosas, de un tamaño acorde con las especificaciones técnicas del proyecto.
- El relleno estructural estará conformado por un material seleccionado y previamente ensayado, para verificar el cumplimiento de las especificaciones aplicables para los materiales de relleno.
- Geotextil de protección, el cual servirá como capa separadora de materiales, evitando que el material de relleno estructural pase a través del paramento frontal.

El proceso constructivo es similar al de todo sistema de suelo reforzado, consiste en insertar elementos de refuerzo (en el caso del Sistema Terramesh el elemento de refuerzo es el anclaje de malla hexagonal) dentro de las capas de relleno estructural conveniente compactadas; la diferencia con los otros sistemas de suelo reforzado es el paramento frontal el cual es llenado siguiendo el mismo proceso constructivo de los gaviones. En la interfase entre paramento frontal y

relleno estructural se coloca un geotextil de separación con la finalidad de impedir el traslado de material de relleno al paramento frontal.

El modelo experimental consistió en la construcción de un muro de contención con suelo reforzado utilizando el Sistema Terramesh, de 6 metros de longitud, 5.5 metros de ancho y 3 metros de altura.

El área del proyecto se desarrolla a través de unidades lito-estratigráficas como las formaciones rocosas existentes. La edad de estas formaciones se remonta al Cretáceo Inferior, como parte de la Formación Marcavilca. Esta formación está constituida por areniscas cuarcíticas de grano fino a medio, con intercalaciones de lutitas seguidas de cuarcitas competentes y areniscas blancas con estratigrafía cruzada.

Esta estructura está rodeada de materiales consolidados del cuaternario, como los depósitos aluviales correspondientes al cono aluvial del río Rimac, así como los depósitos coluviales constituidos por bloques y fragmentos rocosos entremezclados en una matriz limo-arenosa. En la parte más superficial del área se encuentran depósitos antrópicos recientes.

En general, el terreno presenta buenas condiciones de cimentación, deformación y estabilidad debido a que se encuentra emplazado sobre una base rocosa conformada por filita de origen metamórfico.

Se analizó la estabilidad del muro de contención y se comprobó que el muro es estable tanto para condiciones estáticas como para pseudo-estáticas.

El costo total del modelo experimental es de S/.11704.84, en este costo incluimos los trabajos de obras preliminares, costo de materiales e instalación del Sistema Terramesh, el trabajo de movimiento de tierras y el control de calidad (ensayos realizados).

RELACION DE CUADROS

Capítulo II

Cuadro 2.1 - Gradaciones recomendadas para relleno reforzado

Capítulo IV

Cuadro 4.1 - Ubicación de calicatas

Cuadro 4.2 - Resultados de Ensayos en Muestras de Roca de las Calicatas

Cuadro 4.3 - Determinación de la Porosidad del Relleno de Gaviones

Cuadro 4.4 - Determinación de Porosidades Máximas y Mínimas

Cuadro 4.5 - Cálculo de Capacidad de Carga Admisible

Cuadro 4.6 - Valores de β_2 en función de B y L

Cuadro 4.7 - Asentamiento diferencial máximo

Cuadro 4.8 - Determinación de Tipo de Falla del Macizo Rocosos

Cuadro 4.9 - Factor de seguridad estática

Cuadro 4.10 - Factor de seguridad dinámica

Cuadro 4.11 - Parámetros Físicos y Mecánicos de Materiales

Cuadro 4.12 - Aceleraciones Máximas al Sur de Lima

Cuadro 4.13 - Resultados del Análisis de Estabilidad utilizando MacStars

Cuadro 4.14 - Resultados del Análisis de Estabilidad utilizando MS Excel

Cuadro 4.15 - Presupuesto de construcción del modelo experimental

RELACION DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1.1 – Reducción del área de relleno en un talud natural
- Figura 1.2 – Obtención de área plana adicional
- Figura 1.3 – Caída o desprendimiento de bloques
- Figura 1.4 – Deslizamientos rotacionales, no circular y circular.
- Figura 1.5 – Deslizamiento traslacional.
- Figura 1.6 – Deslizamiento combinado.
- Figura 1.7 – Deformaciones en elementos de suelo con y sin refuerzo.

Capítulo II

- Figura 2.1 – Corte transversal de un muro reforzado con el sistema Terramesh
- Figura 2.2 – Detalle de la malla de refuerzo
- Figura 2.3 – Esfuerzos aplicados en la malla hexagonal
- Figura 2.4 – Gradaciones recomendadas para relleno reforzado
- Figura 2.5 – Detalle del elemento Terramesh
- Figura 2.6 – Detalle de malla hexagonal
- Figura 2.7 – Muro de Contención en Sorocoba (Brasil)
- Figura 2.8 – Sección típica de muro con sistema Terramesh
- Figura 2.9 – Muro con Terramesh Verde (Quito)
- Figura 2.10 – Detalle del elemento Terramesh verde
- Figura 2.11 – Sección típica de un muro con Terramesh verde

Capítulo III

- Figura 3.1 – Fardos de elementos Terramesh
- Figura 3.2 – Vías de acceso -Condominio Alphaville Burle Marx – Brasil
- Figura 3.3 – Limpieza y preparación del terreno
- Figura 3.4 – Corte de talud - Condominio Alphaville Burle Marx – Brasil
- Figura 3.5 – Instalación de primera hilada de elementos Terramesh sobre superficie nivelada
- Figura 3.6 – Amarre de elementos Terramesh continuos
- Figura 3.7 – Colocación y amarre de la primera hilada de elementos Terramesh
- Figura 3.8 – Colocación de piedras en los elementos Terramesh

- Figura 3.9 - Colocación de tensores en los elementos Terramesh
- Figura 3.10 - Encofrado de apoyo
- Figura 3.11 - Encofrado de apoyo y maquinaria
- Figura 3.12 - Colocación del geotextil de separación
- Figura 3.13 - Colocación de geomalla como refuerzo adicional
- Figura 3.14 - Colocación de relleno estructural
- Figura 3.15 - Compactación con equipo pesado
- Figura 3.16 - Compactación con equipo liviano
- Figura 3.17 - Control de compactación
- Figura 3.18 - Conformación del muro Condominio Alphaville Burle Marx – Brasil
- Figura 3.19 - Corte transversal de un muro con sistema Terramesh
- Figura 3.20 - Control de verticalidad del muro.
- Figura 3.21 - Instalación de geodrenes.
- Figura 3.22 - Condominio Alphaville Burle Marx – Brasil
- Figura 3.23 - Refugio La Molina – Perú

Capítulo IV

- Figura 4.1 - Determinación del Peso Unitario de la Piedra
- Figura 4.2 - Análisis de la falla planar (Condición estática)
- Figura 4.3 - Análisis de la falla planar (Condición dinámica)

INTRODUCCIÓN

Dentro de las obras civiles las estructuras de contención son construidas con la finalidad de proveer estabilidad contra la ruptura de macizos de tierra o roca.

El desarrollo y difusión en el uso de geotextiles para reforzar suelos ha permitido que esta técnica pueda ser usada en una gran variedad de aplicaciones, dentro de las cuales se encuentran los muros de suelo reforzado, taludes reforzados y terraplenes reforzados construidos sobre suelos blandos, etc.

De las diferentes alternativas de solución para la construcción de muros de suelo reforzado, se tiene un sistema desarrollado con el nombre de Terramesh System (en el presente informe esta alternativa será denominada Sistema Terramesh) el cual está compuesto por dos partes: el paramento externo y el anclaje que forman una única pieza y producidos con el mismo material, el cual al interactuar con el suelo aumenta su resistencia a los esfuerzos de tracción.

El presente informe trata sobre el proceso constructivo de un Muro de Contención con suelo reforzado utilizando el Sistema Terramesh, para lo cual se ha dividido el trabajo en cuatro capítulos.

En el capítulo 1 se desarrolla el tema de estabilidad de taludes, dando a conocer nociones básicas y definiciones.

El capítulo 2 abarca lo correspondiente al suelo reforzado, dando conceptos generales del tema y además se describe el Terramesh, los tipos que existen y características generales.

En el capítulo 3 se desarrolla el proceso constructivo de un muro de contención aplicando el Sistema Terramesh.

En el capítulo 4 se desarrolla el proyecto del muro de contención con suelo reforzado, abarcando la memoria descriptiva, los estudios geotécnicos desarrollados (ensayos de laboratorio), replanteo topográfico, diseño, presupuesto y descripción del proceso constructivo.

Además de los capítulos mencionados al final del informe se presentan las conclusiones y recomendaciones del Informe de Suficiencia. Así como anexos de los ensayos de laboratorio, hojas de cálculo, panel fotográfico, análisis de costos y planos del proyecto.

Capítulo I

ESTABILIDAD DE TALUDES

1.1 Nociones Básicas de Estabilidad de Taludes

Se conoce con el nombre genérico de talud a cualquier superficie inclinada con relación a la horizontal adoptada por las estructuras en tierra, tanto de forma natural como por la intervención humana en una obra de ingeniería.

Se define 70° como la inclinación mínima para los muros de contención, de lo contrario el caso sería el de un terraplén o un talud, donde la superficie de falla es curva y los métodos a utilizar para determinarla no se ajustan al Método de Rankine.

La verificación de la estabilidad de los taludes se hace necesaria debido a la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos o movimientos de masa, inducidos por el aumento de las solicitaciones (tensiones de corte) o por la reducción de su resistencia. En el primer caso, el aumento de las solicitaciones es, en general, debido a: sobrecargas en el coronamiento (terraplenes, construcciones, etc.), descarga en la base (cortes, excavaciones, erosiones, etc.), vibraciones (terremotos, máquinas, etc.). En el segundo caso, los factores más comunes para la reducción de la resistencia son: el intemperismo de los minerales, modificaciones estructurales (fisuración, amasamiento, etc.), aumento de la presión de poros.

1.2 Estabilización de Taludes con Suelo Reforzado

Los taludes en suelo reforzado son sistemas de tierra mecánicamente reforzados, cuya inclinación es menor a 70° . Estas estructuras constituyen alternativas para casos en los que se requiere levantar rellenos de alta pendiente y altura importante, dado que la mayoría de los taludes y laderas naturales pueden presentar fenómenos de remoción en masa, aun cuando estos sean de alta disponibilidad mecánica.

Durante la construcción de taludes y reconstrucción de laderas se pueden intercalar en el suelo capas de Geosintéticos que refuerzan el talud, permiten incrementar la pendiente y aumentar la estabilidad.

En estos casos, la colocación de Geosintéticos busca lograr dos objetivos principales:

- Aumentar la estabilidad del talud, particularmente si se requiere una pendiente mayor que aquella que garantiza el suelo natural.

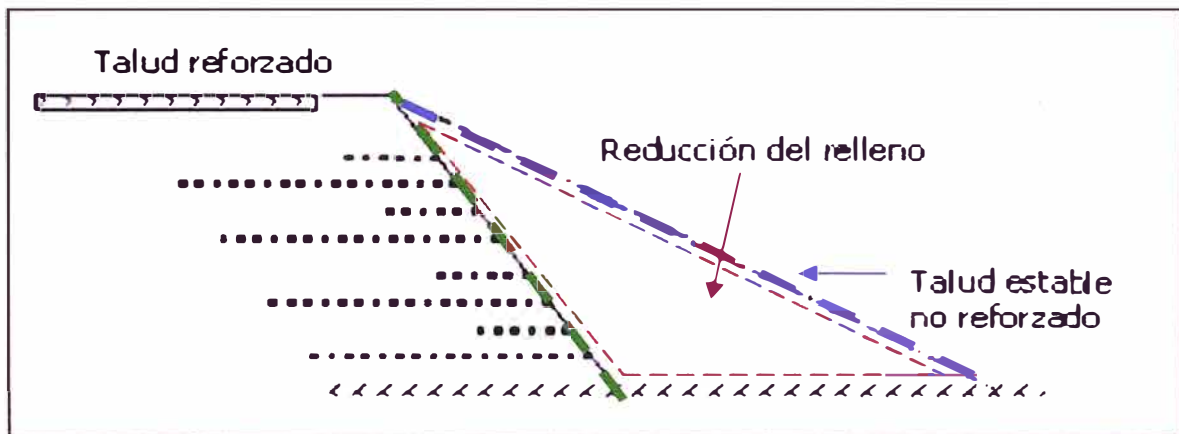


Figura 1.1 - Reducción del área de relleno en un talud natural

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

- Mejorar la estabilidad de los materiales que se colocan en los bordes del talud.

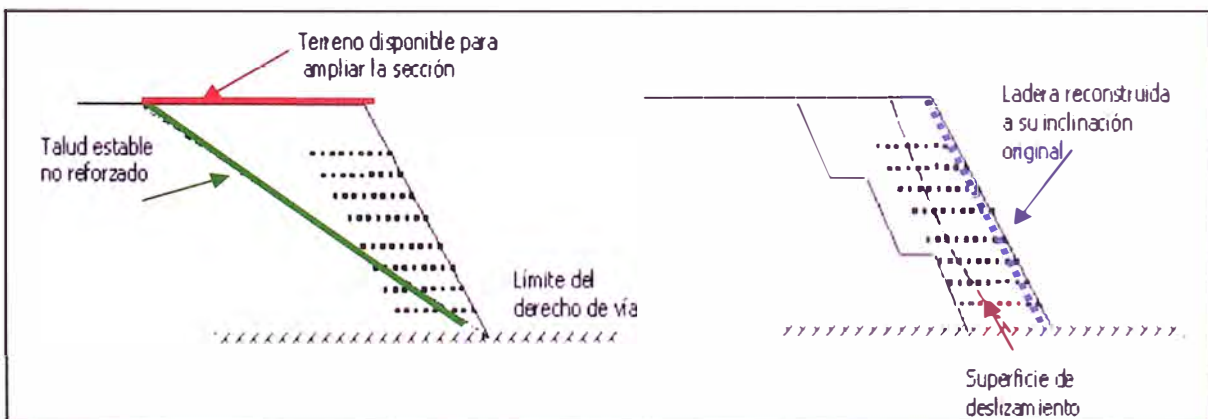


Figura 1.2 – Obtención de área plana adicional

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

Las principales aplicaciones de los taludes en suelo reforzado son:

- Evitar la caída o desprendimiento de bloques; lo cual generalmente ocurre en taludes muy verticales, son generados por la acción de la gravedad.
- Evitar las fallas por deslizamiento; superficies de corte bien definidas, se pueden formar dentro de macizos de piedra o suelo.



Figura 1.3 – Caída o desprendimiento de bloques

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

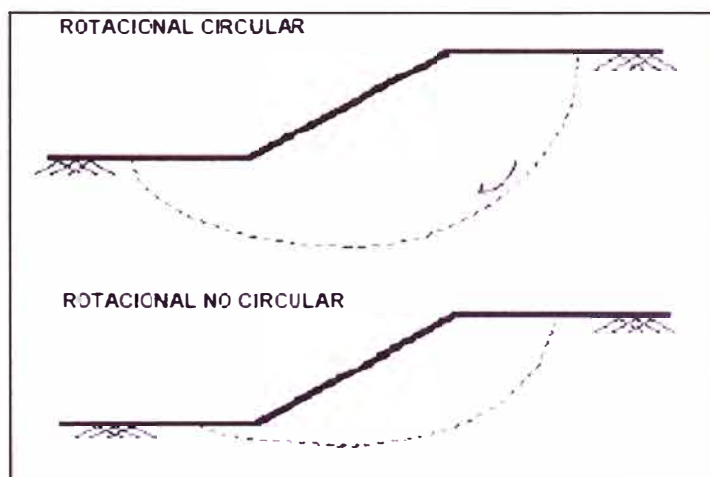


Figura 1.4 – Deslizamientos rotacionales, no circular y circular.

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

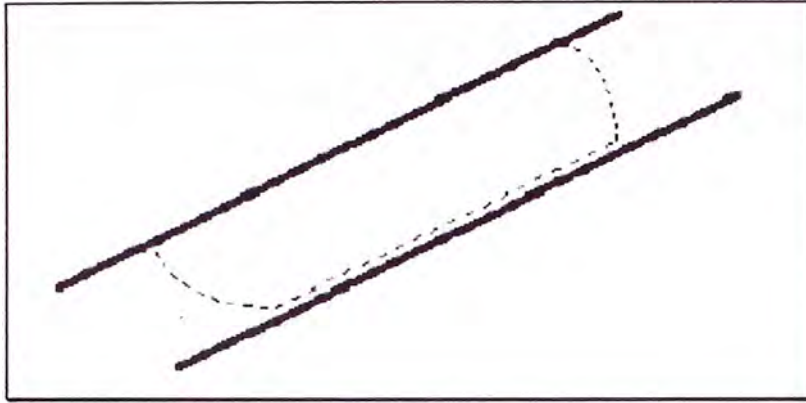


Figura 1.5 – Deslizamiento traslacional.

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

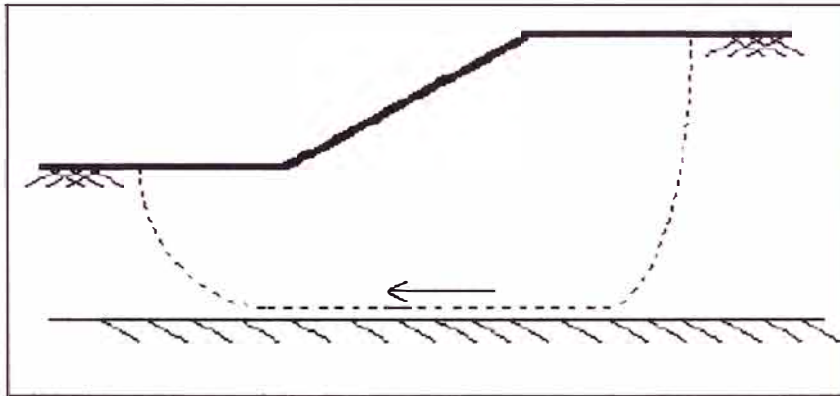


Figura 1.6 – Deslizamiento combinado.

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

1.3 Suelo Reforzado

Una estructura de suelo reforzado consiste en la introducción de elementos convenientemente orientados que resistan los esfuerzos de tracción, aumenten la resistencia del suelo y disminuyan las deformaciones del macizo. En este método, conocido como refuerzo de suelos, el comportamiento global del macizo es mejorado por medio de la transferencia de los esfuerzos a los elementos resistentes (refuerzos).

Los suelos poseen en general elevada resistencia a esfuerzos de compresión, pero baja resistencia a esfuerzos de tracción. Cuando una masa de suelo es cargada verticalmente, la misma sufre deformaciones verticales de compresión y

deformaciones laterales de elongación (tracción). Si la masa de suelo estuviera reforzada, los movimientos laterales serían limitados por la rigidez del refuerzo. Esta restricción de deformaciones es obtenida gracias a la resistencia a tracción de los elementos de refuerzo. La figura 1-7 muestra el principio básico del comportamiento de un suelo reforzado.

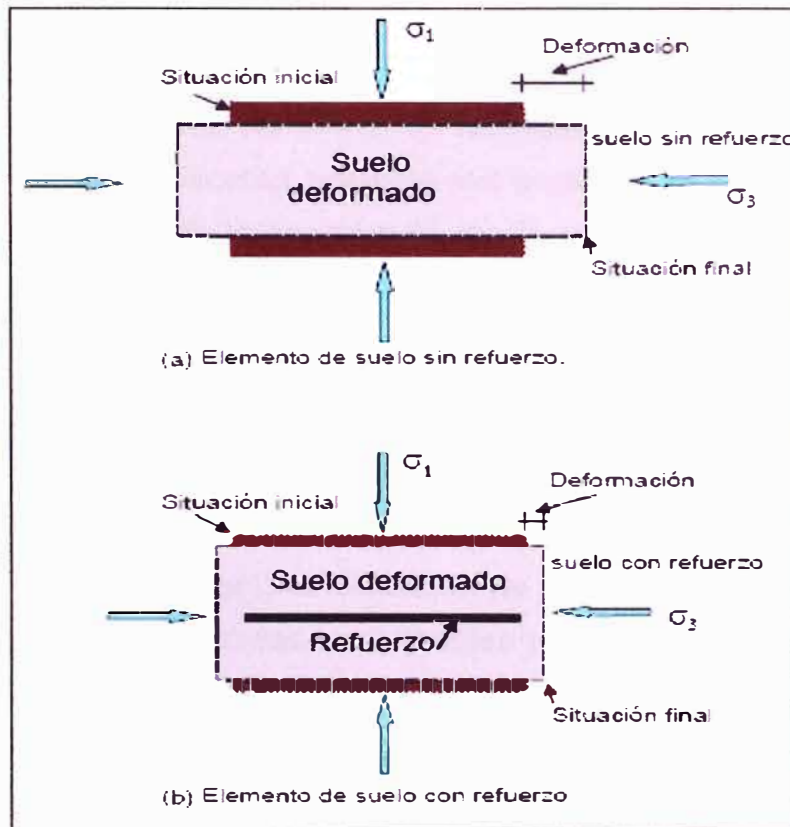


Figura 1.7 – Deformaciones en elementos de suelo con y sin refuerzo.

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

1.4 Estabilización de taludes aplicando geosintéticos

El sistema de suelo reforzado se ha venido empleando con relativo éxito en la actualidad y tiene el nombre registrado de tierra armada. Sin embargo aunque el sistema tiene un buen desempeño, su principal desventaja radica en la determinación de la duración del refuerzo metálico dentro del suelo, ya que este se encuentra expuesto a un proceso permanente de corrosión.

Gracias al desarrollo de nuevos materiales que pueden soportar las condiciones de humedad y de acidez o alcalinidad dentro del suelo, se ha venido

implementando el uso de mantos sintéticos tales como los geotextiles, geomallas y mallas hexagonales a doble torsión, para que suministren refuerzo, debido a las características mecánicas que estos poseen, como es su resistencia a la tensión.

Los estudios que condujeron al uso de esta nueva tecnología tuvieron origen en Francia y Suecia a finales de la década de los setenta.

Los muros de contención reforzados con geosintéticos se han convertido mundialmente en una alternativa de construcción frente a los muros de concreto reforzado y a los terraplenes conformados naturalmente, principalmente cuando hay deficiencias en la capacidad portante del suelo de fundación o cuando las condiciones geométricas de la sección de la vía no permiten que las zonas de relleno sean realizadas a un ángulo igual o menor al de reposo natural del suelo de relleno.

No es necesario que las condiciones sean tan críticas como las mencionadas anteriormente, la gran ventaja es que son alternativas más económicas, de hecho bajo las mismas condiciones geotécnicas y constructivas, un muro de suelo reforzado puede originar una reducción de los costos totales de un 30 a un 60%, se compara con las técnicas tradicionales para la construcción de este tipo de obras, debido al hecho de poder utilizar los materiales disponibles en la zona de ejecución del proyecto.

Capítulo II

SUELO REFORZADO CON SISTEMA TERRAMESH

2.1 Descripción del Sistema Terramesh

El Sistema Terramesh se basa en el principio de suelo reforzado y la tecnología desarrollada en los años 60 por el profesor Henri Vidal conocida a nivel mundial como “terre armée” (tierra armada). El origen de la idea se basa en la observación de aquellos suelos que ganan más resistencia ante la presencia de raíces en su estructura, las cuales actúan como tensores.

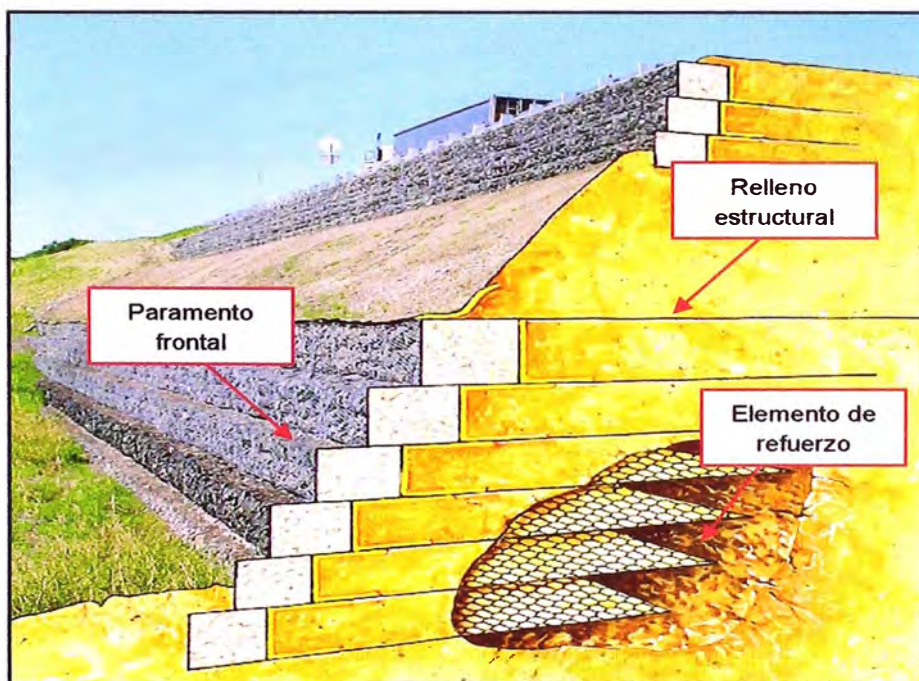


Figura 2.1 – Corte transversal de un muro reforzado con el sistema terramesh

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

El Sistema Terramesh es una tecnología orientada a la estabilización de suelos a través de un refuerzo continuo, sin interrupciones o amarres, sobre un plano horizontal. La continuidad del refuerzo es necesaria para garantizar, a lo largo de todo el elemento, la misma resistencia a la tracción. Los elementos Terramesh son producidos en piezas separadas sólo en las zonas que no estarán sometidas a esfuerzos de tracción como las laterales, el diafragma y el panel posterior. En

la figura 2.1 se puede observar un corte transversal de un muro reforzado con el Sistema Terramesh.

El refuerzo consta de una malla de doble torsión fabricada con alambres de acero revestidos con galván y PVC, creando armaduras longitudinales y continuas. Este refuerzo va unido a una caja de gavión fabricada con la misma malla del refuerzo horizontal, conformando una sola pieza y garantizando la estabilidad del sistema. El detalle de la malla de refuerzo es mostrado en la figura 2.2.

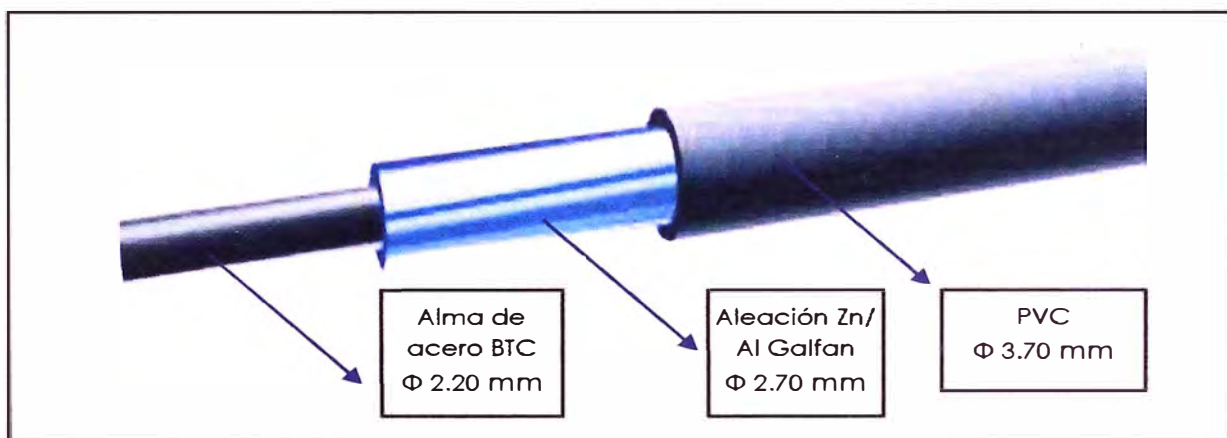


Figura 2.2 – Detalle de la malla de refuerzo

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

La malla de refuerzo incrementa la fricción entre el material de suelo y las secciones del alambre, así como las propiedades mecánicas de trabazón entre las partículas de material del suelo. La diferencia de dimensiones entre la abertura de la malla y el diámetro del alambre, genera un aumento general de la resistencia del refuerzo, lo que no ocurre con los materiales que sólo aportan resistencia por fricción.

El corte se produce debido a la configuración tridimensional de la malla, la cual confina una porción de relleno en su interior, fenómeno observado en el caso de movimientos relativos entre el suelo y la malla. De acuerdo a pruebas de laboratorio efectuadas, se concluyó que la trabazón entre las partículas y la malla es notoriamente importante cuando el material de relleno está gradado

dentro de un huso de 10 a 15 veces el diámetro del alambre (aproximadamente entre 1.45 y 2.19 pulgadas para un alambre de 3.70 mm). Las gradaciones recomendadas para el relleno reforzado se detallan en el cuadro 2.1 y la figura 2.4.

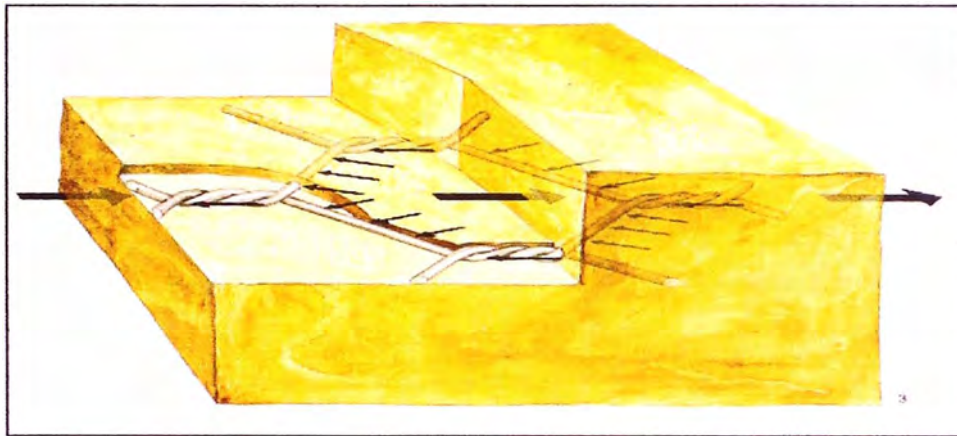


Figura 2.3 – Esfuerzos aplicados en la malla hexagonal
 Fuente: Ref. Bibl. N° 06

NCMA	
Tamaño	% que pasa
4 "	100 - 75
N ° 4	100 - 20
N ° 40	0 - 60
N ° 200	0 - 35
Requerimientos de plasticidad	
PI	< 20

Cuadro 2.1 – Gradaciones recomendadas para relleno reforzado
 Fuente: Ref. Bibl. N° 09

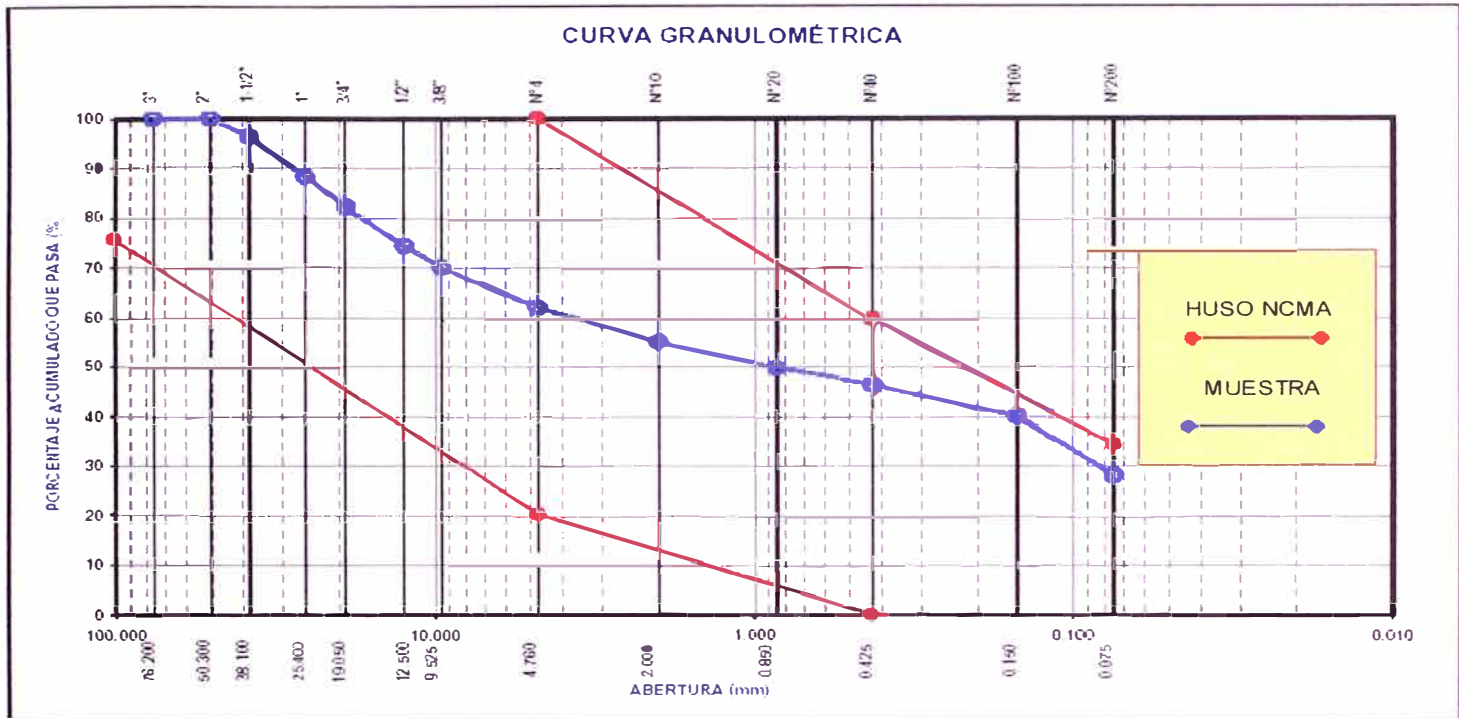


Figura 2.4– Gradaciones recomendadas para relleno reforzado

Fuente: Ref. Bibl. N° 09

La utilización del Sistema Terramesh se remonta al año 1979, donde se puede encontrar el registro de la primera estructura que utilizó la combinación de gaviones y suelo armado, en Sabah, Malasia. Esta estructura tiene una altura de 14 metros y soporta un tramo de la autopista que conecta las ciudades de Kota Kinabalu y Sinsuran.

2.2 Tipos de Sistema Terramesh

Existen 2 tipos de sistemas basados en el concepto de suelo reforzado con Terramesh: el Terramesh System y el Terramesh Verde. Ambos sistemas tienen el mismo comportamiento estático, características técnicas y procedimiento de construcción, teniendo como diferencia esencial la forma de su paramento externo.

2.2.1 Terramesh System

Este sistema está formado por un paramento de 1 metro de espesor en forma de paralelepípedo, el cual es llenado con piedras y protegido en su interfase con el suelo de relleno estructural por un geotextil. La función de este geotextil es de evitar la migración de material fino de relleno estructural hacia la zona del gavión

(zona de mucha mayor permeabilidad). El diagrama de armado de los paneles de Terramesh System se muestra en el Anexo VII.

Este sistema permite la construcción de muros verticales o con inclinaciones muy leves (de hasta 6°), en paredes planas o escalonadas. La apariencia final de los muros construidos con este método, es la de un muro de gaviones. La figura 2.5 muestra una estructura edificada con este sistema.

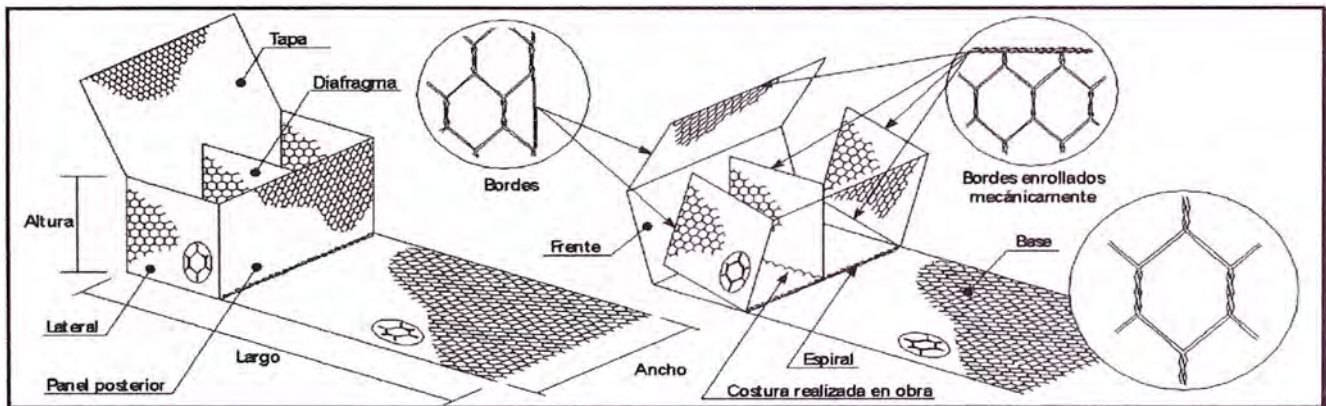


Figura 2.5– Detalle del elemento terramesh

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

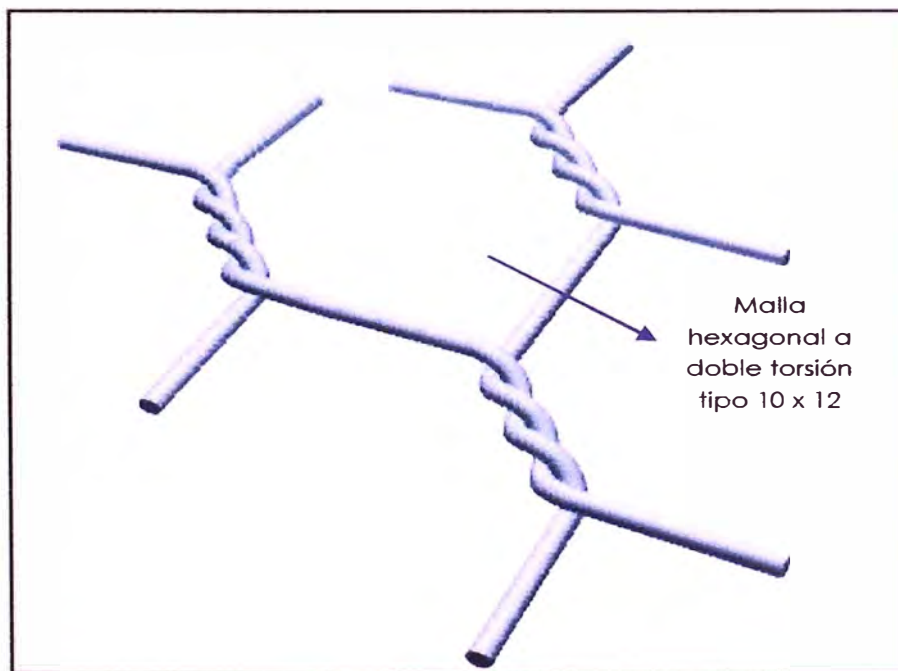


Figura 2.6– Detalle de malla hexagonal

Fuente: Ref. Bibl. N° 06



Figura 2.7 – Muro de Contención en Sorocoba (Brasil)

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

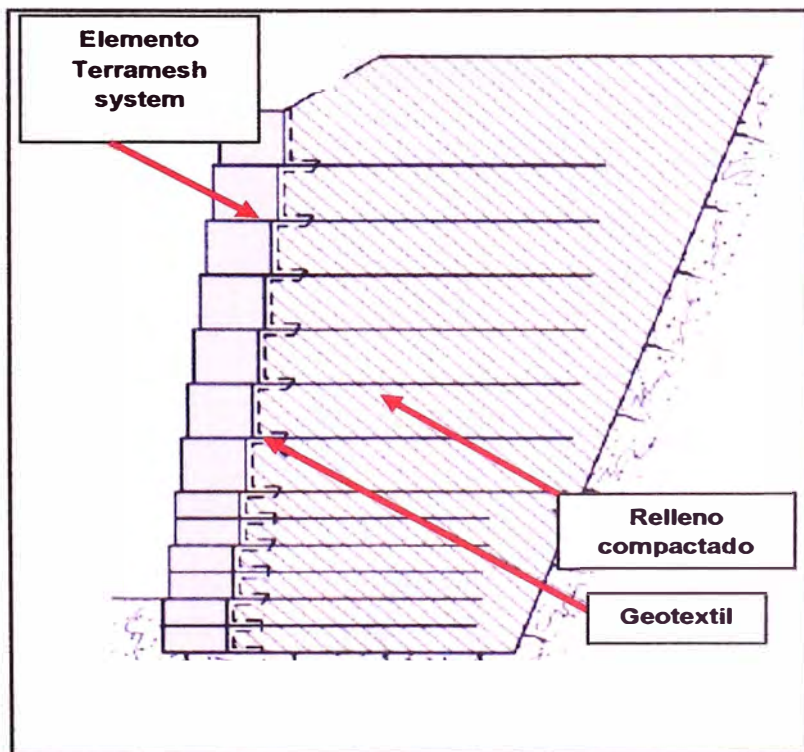


Figura 2.8 – Sección típica de muro con sistema terramesh

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

2.2.2 Terramesh Verde

El Terramesh Verde está formado por un paramento plano inclinado (generalmente a 20°) conformado por el panel de malla de doble torsión, una geomanta o biomanta, una malla electrosoldada y 2 elementos metálicos triangulares. El Anexo VIII esquematiza el modo de armado del Terramesh verde.

En este caso, la geomanta (o biomanta) tiene la función de evitar la fuga del material fino del relleno estructural y, al mismo tiempo, permitir el crecimiento de vegetación sobre esta superficie. La función de la malla electrosoldada es garantizar un talud parejo y plano evitando deformaciones excesivas, mientras que los elementos metálicos de forma triangular deben mantener la inclinación deseada, necesaria para el crecimiento de la vegetación. Un ejemplo de una construcción con este sistema es mostrado en la figura 2.7.



Figura 2.9 – Muro con Terramesh Verde (Quito)

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

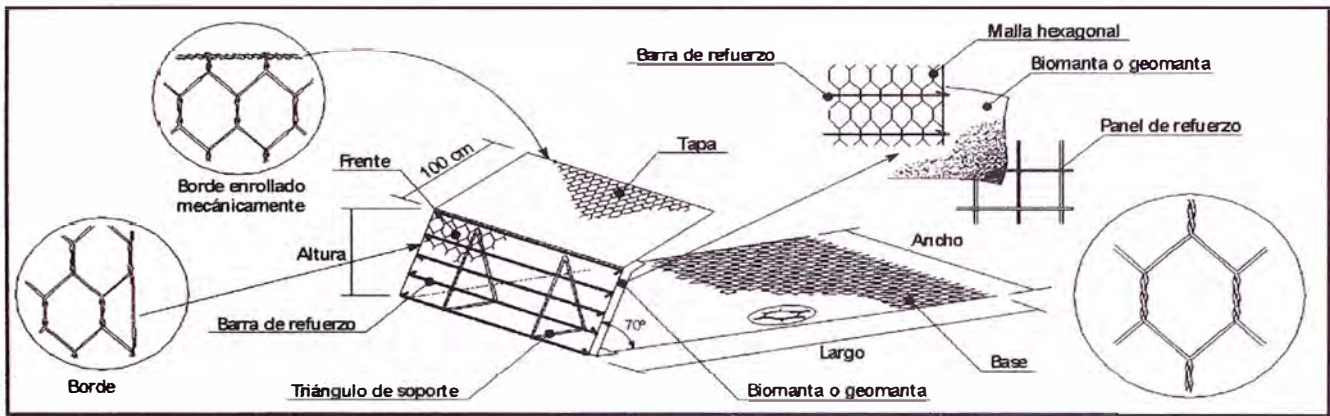


Figura 2.10– Detalle del elemento terramesh verde

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

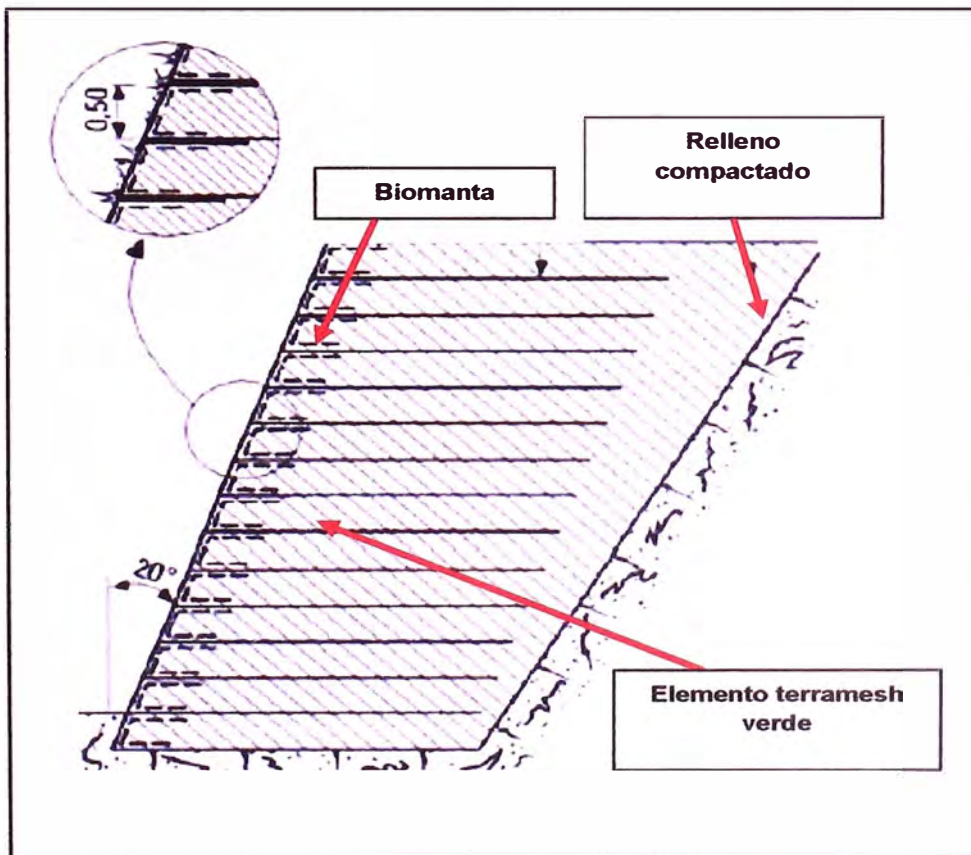


Figura 2.11– Sección típica de un muro con terramesh verde

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

2.3 Características Generales

El Sistema Terramesh ofrece una serie de características que lo hacen particular con respecto a otras soluciones de estabilización de suelos.

2.3.1 Flexibilidad

Debido a la flexibilidad de las mallas que conforman el paramento frontal y de toda la estructura en general, cualquier asentamiento de la superficie de cimentación será acompañado en la misma magnitud por la estructura.

Esta característica garantiza la integridad de la estructura, a pesar de la presencia de asentamientos diferenciales que ocasionarían el colapso de otras estructuras basadas en soluciones diferentes.

2.3.2 Versatilidad

La estructura está conformada de bloques individuales, los cuales ofrecen diversas variantes de construcción de acuerdo a las necesidades del proyecto, como la de tener estructuras con el paramento exterior vertical, escalonado o inclinado. Estas opciones se manejan con mucha facilidad e inclusive, se podrían manejar cambios en el diseño mientras la obra se está ejecutando, para aquellos niveles que aún no han sido instalados.

Así mismo, debido a la alta permeabilidad del elemento frontal, es posible introducir semillas de especies vegetales en él durante la construcción del muro reforzado, lo que minimizaría los posibles impactos ambientales adversos.

2.3.3 Permeabilidad

Debido a que el elemento Terramesh consta de una caja de gaviones en su paramento frontal y que esta es llenada con piedra, la pared exterior del muro ofrece una alta permeabilidad que permite el efectivo drenaje del terreno.

2.3.4 Simplicidad Constructiva

Los elementos son proporcionados por el proveedor de forma tal que, los instaladores solo deben acomodar las caras del elemento dándole la forma final antes de ser colocados en su ubicación definitiva. Una vez instalados, se procede a la costura de las aristas con el alambre proporcionado, fijando

firmemente los elementos. Estas tareas podrían ser efectuadas sin problemas por personal sin experiencia previa en este tipo de estructuras.

La etapa del llenado de cajas con la piedra, así como la colocación del geotextil y material de relleno estructural representan tareas comunes en el ámbito de la construcción, por lo que tampoco representan procedimientos que requieran de asesoramiento o entrenamiento especial.

2.3.5 Otras Características

Adicionalmente, el Sistema Terramesh ofrece otras características como la seguridad de la estructura ante el caso de incendios en las proximidades de la estructura (debido a que no contiene materiales inflamables), y la absorción acústica del paramento externo (de 18 a 28 decibeles), lo cual resulta importante en el caso del uso del sistema en zonas residenciales.

Capítulo III

PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA TERRAMESH

3.1 Obras provisionales y preliminares

3.1.1 Trabajos Preliminares

Antes del inicio de la ejecución de la construcción del muro, se deberán designar las áreas correspondientes para la construcción de oficinas, almacenes, servicios higiénicos, vestuarios, comedores, entre otros.

El almacén de la obra deberá ser un espacio cerrado y seguro, con las dimensiones adecuadas para almacenar herramientas manuales, maquinarias livianas, instrumentos y equipos para pruebas de campo, e insumos de pequeñas dimensiones. Los rollos de geotextil, elementos Terramesh y maquinarias grandes podrán permanecer fuera del almacén, apilados de acuerdo a las medidas de protección sugeridas por el fabricante.

Los elementos Terramesh son suministrados doblados y agrupados en fardos de acuerdo a sus dimensiones. Para efectos de practicidad y comodidad, tanto los elementos Terramesh como el alambre de amarre deberán ser almacenados en una zona próxima al lugar de la construcción. La figura 3.1 muestra la forma de almacenar los elementos Terramesh en obra.

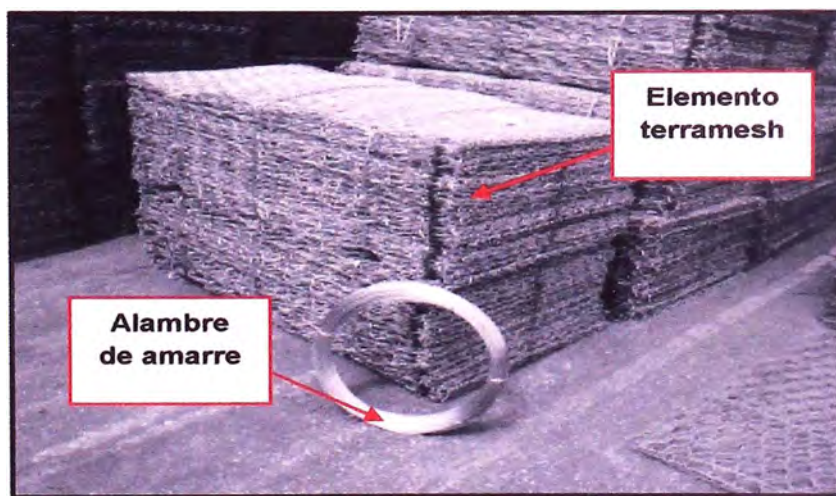


Figura 3.1- Fardos de elementos terramesh

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

3.1.2 Vías de Acceso

El contratista deberá planificar de forma coordinada con el Ingeniero de Seguridad y el propietario, la construcción de vías de acceso que ofrezcan circuitos adecuados y seguros para el tránsito de maquinaria pesada y vehículos livianos.

Estas vías y caminos internos deberán tener las dimensiones apropiadas para evitar congestionamiento de vehículos en zonas críticas de la zona del proyecto, como las de tránsito continuo de equipo pesado como cargadores frontales o rodillos compactadores. Se recomienda que las camionetas de inspección tengan acceso restringido a la zona de trabajo, para evitar condiciones inseguras por la presencia de maquinaria pesada o peatones que conlleven a la ocurrencia de accidentes. . La figura 3.2 muestra la circulación que realizan las maquinarias pesadas durante la construcción de un muro de contención con el Sistema Terramesh.

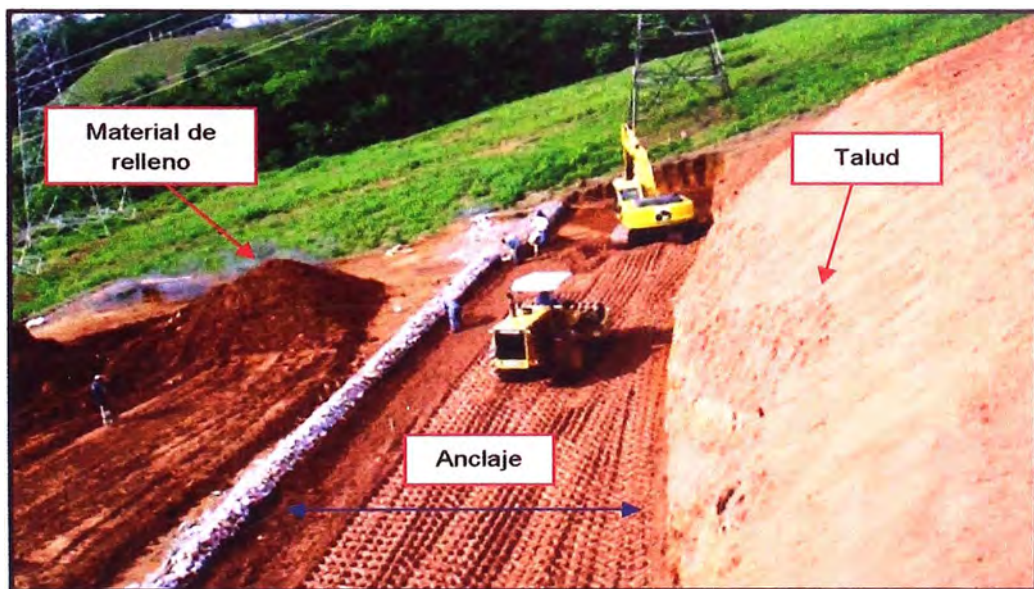


Figura 3.2 Vías de acceso -Condominio Alphaville Burle Marx – Brasil

Fuente: Ref. Bibl. N° 12

3.1.3 Limpieza y Preparación del Terreno

Antes de iniciar la nivelación del terreno, se deben realizar trabajos de preparación de la superficie. Estos trabajos incluyen la limpieza del terreno de

material orgánico así como la eliminación de todo material inadecuado para la cimentación del muro, tales como vegetación o suelo con presencia de raíces, suelos saturados o con excesiva humedad, escombros, desmonte y/o cualquier otro tipo de desechos.

La remoción de materiales inadecuados permitirá tener una superficie de cimentación estable que pueda soportar satisfactoriamente las cargas aplicadas por el peso propio del muro así como las demás cargas actuantes, evitando de este modo, los asentamientos diferenciales que puedan producir el colapso de la estructura. La figura 3.3 muestra la etapa de limpieza y excavación masiva de la zona de trabajo.

Económicamente, resulta muy conveniente la utilización de material de corte como relleno estructural. A solicitud o sugerencia del contratista o el cliente, este material podría analizarse y, si cuenta con la aprobación del Ingeniero responsable, podría autorizarse su utilización como material de relleno estructural.

Así mismo, si en la zona de trabajo existiese material orgánico, este deberá ser apilado en un área determinada y aprobada por el cliente. Este apilamiento deberá permanecer aislado de otros materiales de corte inadecuados, ya que podría requerírsele como parte de capas de revegetación o planes de cierre.



Figura 3.3 - Limpieza y preparación del terreno.

3.2 Excavación Masiva

En esta etapa se realiza la excavación del talud con el fin de generar el espacio de anclaje indicado en los planos de diseño. En lo posible, el material procedente de la excavación se utilizara para la conformación de las capas de relleno compactado.

Se debe efectuar la preparación de la superficie de contacto entre el terreno natural y el relleno (excavación, perfilado y nivelación); cuando se tenga una inclinación superior 1V:3H se deben formar gradas, de forma que se garantice una perfecta adherencia entre el talud natural y el relleno estructural, impidiendo la formación de superficies preferenciales de deslizamiento. La figura 3.4 muestra el corte de un talud con maquinaria pesada.



Figura 3.4 – Corte de talud - Condominio Alphaville Burle Marx – Brasil

Fuente: Ref. Bibl. N° 12

3.3 Preparación de la Plataforma

Una vez terminados los trabajos de excavación masiva y teniendo la aprobación del ingeniero responsable, se procederá con las excavaciones y rellenos para lograr los niveles de subrasante. El contratista deberá cortar las áreas elevadas y rellenar las depresiones de acuerdo al plan de nivelación proporcionado por el ingeniero.

El contratista deberá realizar todo esfuerzo para lograr que la nivelación de la superficie se aproxime a lo establecido en los planos de diseño. La utilización de equipos de control topográfico como niveles, teodolitos o estaciones totales es recomendada; sin embargo, si las condiciones del terreno lo ameritan, éstas podrían ser exigidas.

El contratista deberá tener especial cuidado en mantener las dimensiones adecuadas para el anclaje del refuerzo horizontal de los elementos Terramesh, de acuerdo a lo especificado en los planos de diseño. De igual forma, la superficie deberá estar libre de materiales extraños o que puedan dañar la malla hexagonal. De igual forma, se evitará la presencia de agua empozada o suelos blandos. Finalmente, la superficie deberá contar con la aprobación del ingeniero responsable.

Una vez que la superficie del terreno ha sido convenientemente nivelada y compactada de acuerdo a lo especificado en las especificaciones técnicas del proyecto, el Ingeniero responsable deberá inspeccionar la zona y, si todo cuenta con su aprobación, se podrá iniciar la colocación de los elementos Terramesh.

La figura 3.5 muestra una superficie nivelada lista para recibir los elementos Terramesh.



Figura 3.5 - Instalación de primera hilada de elementos terramesh sobre superficie nivelada

Fuente: Ref. Bibl. N° 7

3.4 Colocación de los Elementos Terramesh

Los elementos Terramesh deberán ser armados mientras estén vacíos, colocando la primera hilera en su ubicación definitiva. Los amarres deberán hacerse utilizando el alambre suministrado por el mismo fabricante de los elementos Terramesh y en conformidad con las especificaciones técnicas del proyecto y bajo la aprobación del ingeniero responsable.

El amarre debe ser realizado pasando el alambre a través de todas las mallas que forman cada una de las aristas de los elementos, alternando una vuelta simple y una doble. El alambre deberá ser tensado de forma tal que los amarres estén firmes y ajustados pero se debe evitar causar daño al alambre, al utilizar herramientas manuales como alicates. El personal encargado de la instalación deberá asegurarse que las aristas ya amarradas no presenten movimientos relativos entre sí.

Una vez que los elementos de la primera hilera han sido colocados y amarrados adecuadamente, las colas deberán ser desplegadas en toda su longitud y unidas en zonas puntuales, mediante amarres con alambre. Estos amarres no cumplen ninguna función estructural, sino que facilitan el esparcido del material de relleno a colocarse posteriormente, evitando que las colas se muevan de su posición o sufran alguna deformación durante este proceso.

La figura 3.6 muestra a un operario realizando la costura de dos elementos Terramesh continuos.

La figura 3.7 muestra la disposición de una hilera de elementos Terramesh después de haber sido colocados, desplegados y amarrados convenientemente para ser posteriormente llenados con piedra.

En el Anexo VII se explica gráficamente el procedimiento para el montaje de los elementos Terramesh System.



Figura 3.6 - Amarre de elementos terramesh continuos

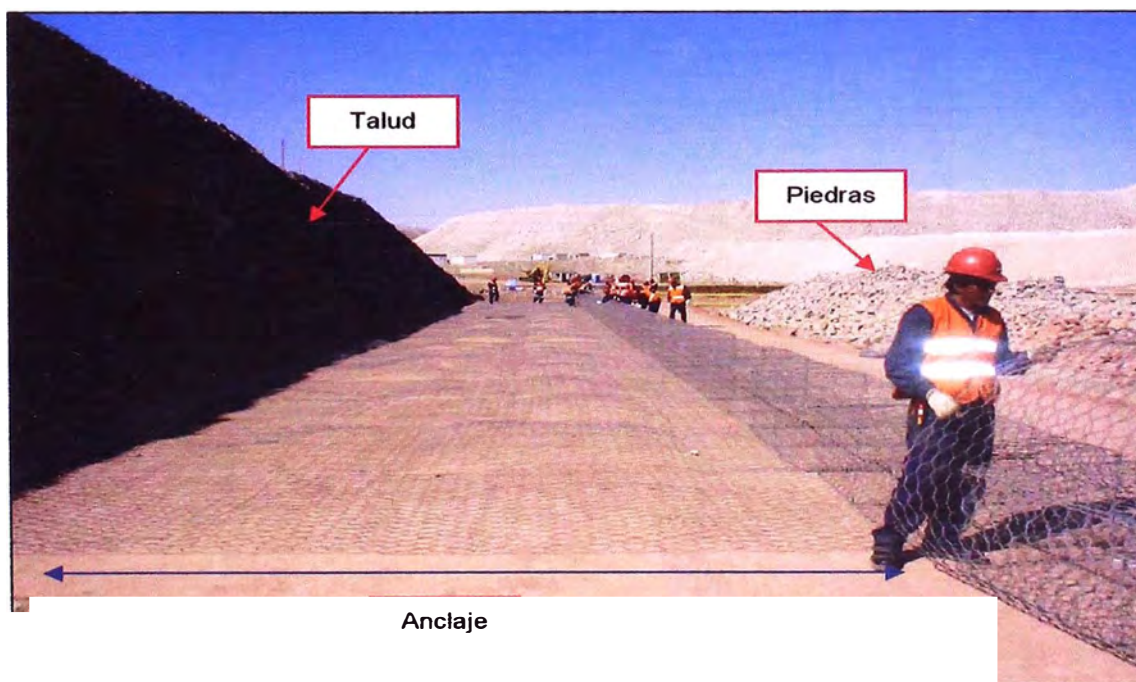


Figura 3.7 - Colocación y amarre de la primera hilada de elementos terramesh

Fuente: Ref. Bibl. N° 07

3.5 Llenado de las Cajas de los Elementos Terramesh

Una vez que los elementos Terramesh han sido colocados en su ubicación definitiva, armados y sujetos correctamente, se procederá con el llenado de las cajas del paramento frontal. El material deberá consistir en piedras sanas, compactas, limpias y no solubles al agua de modo que se garantice la resistencia y estabilidad de la cara frontal del muro. El tamaño de las piedras deberá estar entre 150 y 250 mm, sin embargo se podrían utilizar tamaños mayores, siempre y cuando sean aprobados por el ingeniero responsable.

El personal encargado de la colocación de la piedra deberá hacerlo de modo tal que se minimice al máximo el índice de vacíos considerado en el diseño (entre 25% y 30% aproximadamente). Dependiendo de la altura del gavión, se llenará hasta alcanzar 30 cm y 25 cm para elementos de 1 m y 0.5 m de altura respectivamente. En el primer caso, los gaviones serán llenados en 3 capas mientras que para los gaviones de 50 cm de altura, el llenado se hará en sólo 2 capas. La figura 3.8 ilustra esta etapa de la construcción.



Figura 3.8 - Colocación de piedras en los elementos terramesh

Una vez que la primera capa del gavión ha sido llenada con la piedra, se colocaran 2 tensores horizontales por cada caja, a la misma altura uno del otro, para asegurar la forma cúbica del elemento y evitar deformaciones generadas por el proceso de llenado. En el caso de los elementos de 50 cm de altura, los

tensores se colocarán a la mitad de la altura del elemento, mientras que para el caso de los elementos de 1 metro de altura, se colocarán tensores a los tercios de la altura del mismo.

Los tensores podrán ser hechos del mismo alambre utilizado para el amarre de las aristas de los elementos Terramesh, el cual es proporcionado por el proveedor del producto. La figura 3.9 muestra la colocación de los tensores.

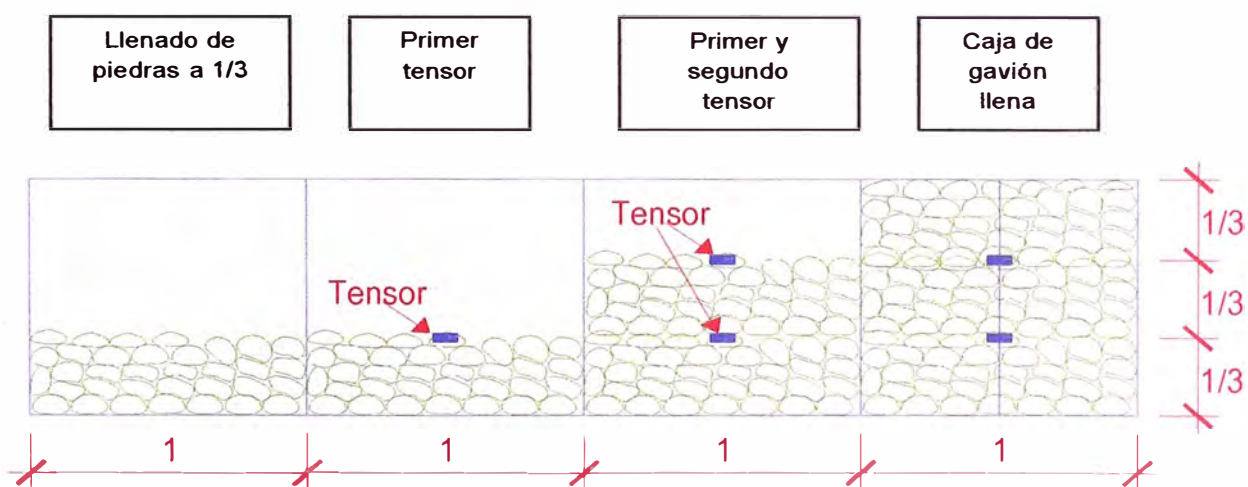


Figura 3.9 - Colocación de tensores en los elementos terramesh

Los gaviones frontales del elemento Terramesh deberán ser llenados a una altura equivalente a la altura del gavión (50 cm ó 1 metro dependiendo del elemento utilizado) mas 25 mm a 50 mm adicionales, con la finalidad de evitar posteriores deformaciones de los elementos. Superar esta altura podría generar problemas al momento de cerrar las cajas de los elementos Terramesh.

Una vez terminado el llenado de los gaviones, se toma la tapa del elemento, hasta entonces doblada hacia el lado exterior, y se la coloca sobre su respectiva caja para permitir el cierre definitivo del gavión, amarrando los bordes superiores de la tapa a cada panel vertical. En lo posible, se deberán amarrar los bordes en contacto de elementos terramesh adyacentes.

Si el proyecto requiere un acabado más estético del paramento frontal, se puede considerar el uso de encofrados. El encofrado consistiría de 3 tablas de madera

de unos 2 a 3 cm de espesor, 20 cm de ancho y 4 metros de longitud, colocadas a 20 cm de separación entre ellas y fijadas por tablas transversales menores que impidan su movimiento. La separación de las tablas menores podría ser entre 4 a 5 metros. Las figuras 3.10 y 3.11 muestran la disposición del encofrado para un paramento externo.



Figura 3.10 - Encofrado de apoyo

Fuente: Ref. Bibl. N° 07



Figura 3.11 - Encofrado de apoyo y maquinaria

Fuente: Ref. Bibl. N° 11

3.6 Colocación del Geotextil de Separación

El geotextil deberá ser no tejido y se colocará entre la cara interna de las cajas de gaviones llenas y el relleno estructural, tal como se muestra en la figura 3.12, la función de este geotextil será de separación de materiales evitando que materiales finos del relleno estructural pasen a través de los gaviones, los cuales están llenos de piedras, formando una pared altamente permeable.



Figura 3.12 - Colocación del geotextil de separación

Fuente: Ref. Bibl. N° 07

El geotextil no tejido será cortado en paños de longitud equivalente a la longitud del muro a construir y con un ancho igual a la altura del gavión más 50 cm de material a desplegarse antes de colocar el relleno estructural y otros 50 cm que irán sobre la última capa del relleno ya colocado y compactado. Es decir, para gaviones de 0.50 metros de altura, tendremos paneles de geotextil de 1.50 m de ancho, mientras que para gaviones de 1 metro de altura, el ancho de los paneles será de 2 metros.

Una vez colocado el geotextil, se utilizará el alambre de amarre para fijar los paños de geotextil a la malla desplegada sobre la base y sobre la cara interna de los gaviones. El espaciamiento de los elementos sujetadores podría estar entre 40 y 50 cm.

En caso que el diseño lo considere, se colocarán elementos de refuerzo como geomallas o materiales de similar función. Antes de desplegar la geomalla o elemento de refuerzo, se deberá verificar su longitud y características para que estén acordes con lo estipulado en las especificaciones técnicas. En la figura 3.13 se puede apreciar la colocación de geomallas de refuerzo.

Durante la colocación del material de refuerzo se deberá verificar la correcta orientación de la misma, la cual deberá estar en conformidad con los planos de diseño. Además, se deberá inspeccionar la posible presencia de daños causados durante el almacenaje o manipuleo. Las geomallas o materiales de refuerzo serán cortados sólo si los planos de diseño o las especificaciones técnicas lo indican.



Figura 3.13 - Colocación de geomalla como refuerzo adicional

Fuente: Ref. Bibl. N° 07

3.7 Colocación del Relleno Compactado

El material de relleno estructural debe ser colocado, esparcido y nivelado en capas sueltas de 25 a 30 cm de espesor, de acuerdo a lo indicado en las especificaciones técnicas y luego deberán ser compactadas al porcentaje especificado de la máxima densidad seca obtenida del ensayo del Proctor Estándar.

Previo a la compactación del material de relleno estructural, este se deberá ser humedecido hasta lograr aproximarse al contenido de humedad óptimo, evitando a toda costa, el exceso de humedad en el material. Mientras se realice la colocación y/o compactación del material de relleno estructural, deberá mantenerse la posición e integridad del geotextil previamente colocado como separador de materiales.

La compactación de las capas de material de relleno podrá realizarse con rodillos vibratorios o no vibratorios o equipos de compactación manuales. Sin embargo, no se recomienda el uso de equipos pesados dentro del área más próxima al paramento frontal, considerando un ancho de 1 metro. Para esta zona, se deberá utilizar equipos livianos como planchas compactadoras o compactadores tipo sapo.

Antes de empezar con la colocación de la siguiente capa de relleno estructural, el contratista deberá notificar al ingeniero responsable para realizar las pruebas de compactación y humedad respectivas. Si las pruebas de campo efectuadas dan resultados satisfactorios, la capa se dará por aprobada y se autorizará la colocación del material de la siguiente capa.

En la figura 3.14 se puede observar la colocación del relleno estructural.



Figura 3.14 - Colocación de relleno estructural

Fuente: Ref. Bibl. N° 07

Las figuras 3.15 y 3.16 muestran la compactación del material utilizando respectivamente equipo pesado y liviano, mientras que en la figura 3.17 se puede apreciar la ejecución de la prueba de densidad de campo utilizando un densímetro nuclear.



Figura 3.15 - Compactación con equipo pesado

Fuente: Ref. Bibl. N° 07



Figura 3.16 - Compactación con equipo liviano

Fuente: Ref. Bibl. N° 07



Figura 3.17 - Control de compactación

Fuente: Ref. Bibl. N° 07

3.8 Conformación del muro

Cuando una camada de elementos Terramesh es llenada y cerrada, los nuevos elementos Terramesh vacíos (camada siguiente) son posicionados sobre los primeros, interponiendo el paño de malla de refuerzo entre las capas de suelo compactado, con su largo extendiéndose desde la cara externa de la estructura hasta estar suficientemente anclado en la zona resistente del macizo estructural.

El relleno, es colocado en capas hasta alcanzar la altura de los elementos que ya fueron instalados y llenados, luego de esto se retoma el montaje y la instalación de los elementos Terramesh. Tal secuencia se repite hasta completar la altura total de la estructura prevista en el proyecto.

Para controlar la calidad de las capas compactadas, se debe considerar básicamente tres ítems que son: control visual, control geométrico de acabado y un control que permita medir el desvío de humedad y el grado de compactación.

En la figura 3.18 apreciamos la conformación del muro con el sistema terramesh, en la figura 3.19 se observa el corte transversal de un muro con terramesh típico, en el se puede apreciar el paramento de gavión, el relleno estructural y el geotextil de separación.



Figura 3.18 - Conformación del muro Condominio Alphaville Burle Marx – Brasil
Fuente: Ref. Bibl. N° 12

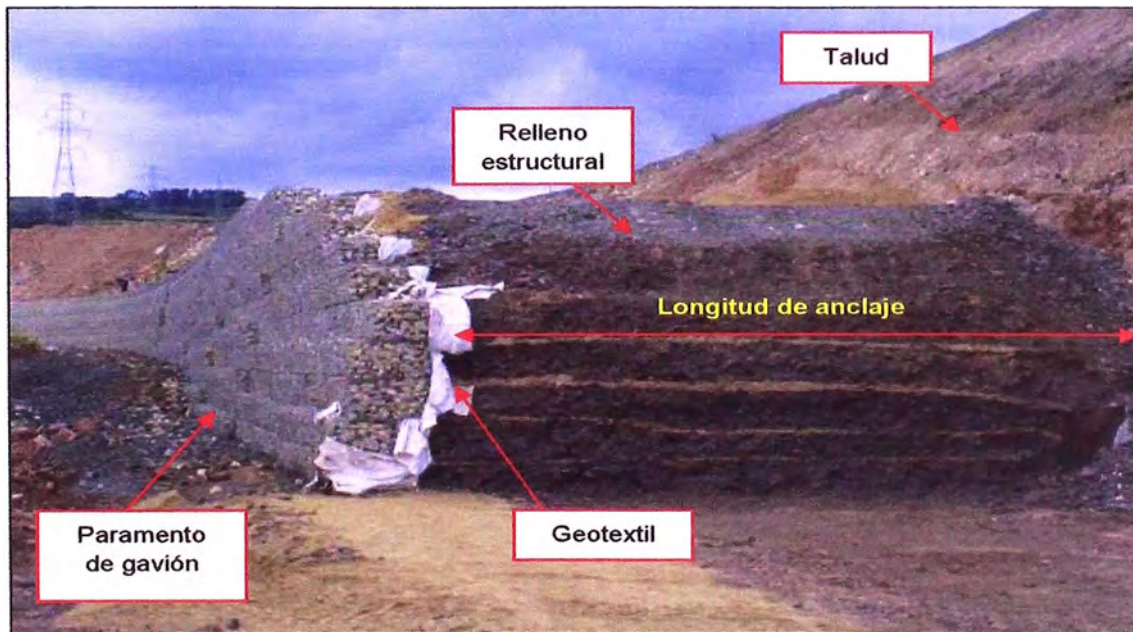


Figura 3.19 - Corte transversal de un muro con sistema terramesh
Fuente: Ref. Bibl. N° 11



Figura 3.20 - Control de verticalidad del muro.

Fuente: Ref. Bibl. N° 07

3.9 Construcción de drenajes

El drenaje se colocará entre el terreno natural y el material compactado en su plano de encuentro vertical.



Figura 3.21 - Instalación de geodrenes.

Fuente: Ref. Bibl. N° 07

3.10 Resultado final



Figura 3.22 - Condominio Alphaville Burle Marx – Brasil

Fuente: Ref. Bibl. N° 12



Figura 3.23 - Refugio La Molina – Perú

Fuente: Ref. Bibl. N° 12

Capítulo IV

CONSTRUCCION DE MODELO EXPERIMENTAL

3.1 Memoria Descriptiva

La obra fue emplazada en el campus de la Universidad Nacional de Ingeniería en la parte posterior de la tribuna de la losa deportiva “Jesús Arias Dávila” de la Facultad de Ingeniería de Minas, en las faldas del cerro “El Arrastre” (en el Anexo V se adjunta el plano de ubicación del proyecto, en la fotografía 1 del Anexo IX se aprecia la zona de trabajo).

El proyecto contempló la construcción de un muro de contención con suelo reforzado de 6 metros de longitud, 5.5 metros de ancho y 3 metros de altura utilizando el Sistema Terramesh.

Los elementos Terramesh, el geotextil y el alambre de amarre fueron proporcionados por la empresa Maccaferri del Perú, mientras que los materiales de relleno de gaviones así como el de relleno estructural fueron adquiridos por los integrantes del grupo número 05 del curso taller “Aplicación de Geosintéticos en Obras de Ingeniería Civil”. La construcción de este proyecto estuvo a cargo de los mismos alumnos integrantes del grupo, así como los gastos por ensayos de laboratorio, materiales, equipos y demás insumos necesarios para completar el trabajo.

Los elementos que conforman el muro de contención son los siguientes:

- Paramento frontal (gavión) y panel de anclaje, los cuales conforman el elemento terramesh. Los gaviones consisten en mallas hexagonales de doble torsión y tienen las siguientes dimensiones: 2.00 m de largo, 1.00 m de ancho y 1.00 m de alto.
- El panel de anclaje está conformado por la misma malla hexagonal y cumple con las mismas especificaciones técnicas aplicables para los gaviones. La longitud de los paneles de anclaje, para este proyecto en particular, es de 2 metros.

- Los gaviones serán llenados con piedras redondeadas y/o angulosas, de un tamaño acorde con las especificaciones técnicas del proyecto.
- El relleno estructural estará conformado por un material seleccionado y previamente ensayado, para verificar el cumplimiento de las especificaciones aplicables para los materiales de relleno.
- Geotextil de protección, el cual servirá como capa separadora de materiales, evitando que el material de relleno estructural pase a través del paramento frontal.

El muro de contención no tendrá revestimiento.

El área del proyecto se desarrolla a través de unidades lito-estratigráficas como las formaciones rocosas existentes. La edad de estas formaciones se remonta al Cretáceo Inferior, como parte de la Formación Marcavilca. Esta formación está constituida por areniscas cuarcíticas de grano fino a medio, con intercalaciones de lutitas seguidas de cuarcitas competentes y areniscas blancas con estratigrafía cruzada.

Esta estructura está rodeada de materiales consolidados del cuaternario, como los depósitos aluviales correspondientes al cono aluvial del río Rimac, así como los depósitos coluviales constituidos por bloques y fragmentos rocosos entremezclados en una matriz limo-arenosa. En la parte más superficial del área se encuentran depósitos antrópicos recientes.

En general, el terreno presenta buenas condiciones de cimentación, deformación y estabilidad debido a que se encuentra emplazado sobre una base rocosa conformada por filita de origen metamórfico.

3.2 Levantamiento Topográfico

La Universidad Nacional de Ingeniería proporcionó un archivo en formato de AutoCAD conteniendo la base topográfica de la zona de trabajo con curvas de nivel cada 50 cm. A partir de esta información, se proyectaron las estructuras existentes así como el muro de contención proyectado.

Durante el reconocimiento de campo, se realizó un levantamiento topográfico de detalle de las estructuras más relevantes del área, utilizando un nivel y cintas de medición. Durante la investigación geotécnica, se utilizó una cinta métrica para la

ubicación de las calicatas, teniendo como base la tribuna de concreto adyacente a la zona del proyecto.

Todos los planos de diseño del proyecto utilizan el sistema de coordenadas UTM, a menos que se especifique explícitamente lo contrario. Los planos del proyecto se adjuntan en el Anexo V.

3.3 Estudio Geotécnico

La investigación geotécnica realizada está compuesta por los trabajos de campo, los ensayos de laboratorio y los cálculos de gabinete.

3.3.1 Geología

Para realizar el mapeo geológico regional de este proyecto, se utilizó una carta nacional editada por el INGEMMET en el año 1992, sobre la cual se ubicó el cuadrángulo de Lima (Hoja 25-i). Esto permitió tener una visión general de todo el desarrollo estratigráfico y su relación litológica.

Geomorfología

Para tener una visión general de todo el desarrollo estratigráfico y su relación litológica, se describirán las unidades geomorfológicas observadas en el mapa geológico.

Cono Deyectivo. Está constituido por amplias superficies cubiertas por gravas provenientes del transporte y posterior sedimentación del río Rimac.

Cerros Testigos. Dentro de esta unidad geomorfológica se han considerado las colinas que bordean las estribaciones de la cordillera occidental, tal es el caso de los cerros aledaños a la Universidad Nacional de Ingeniería, llamados cerros arrastres.

Características Litoestratigráficas

La columna crono-estratigráfica de la zona en estudio se halla conformada por unidades rocosas del cretáceo inferior (Formación Marcavilca Ki-m) y sedimentarias del cuaternario pleistocénico (Depósitos aluviales pleistocénicos Qp-al y Depósitos coluviales Q-co), el mapa geológico se puede apreciar en el Anexo I.

Geodinámica Externa

En la zona de estudio no existe la posibilidad de apreciar fenómenos naturales como huaycos, aluviones, o similares. A través del mapeo geológico superficial se identificaron cortes realizados en el macizo rocoso con la finalidad de ganar espacio para la cancha de fútbol y accesos internos. No se observan deslizamientos de masas o fallas que generen la caída de bloques de roca, sin embargo, ante la probabilidad de una posible falla, se realizará un análisis de estabilidad. La actividad sísmica que afecta la zona de estudio es relativamente moderada.

Geología Local

En el área donde se proyecta el muro de contención con suelo reforzado, se efectuó un reconocimiento del emplazamiento donde se cimentará el muro, identificando la formación geológica y geodinámica externa, logrando así el conocimiento de la geología y las características físico-mecánicas del terreno de fundación y sus características geomecánicas del macizo rocoso.

El proyecto se desarrollará a través de unidades lito-estratigráficas, como son las formaciones rocosas, cuya edad viene del cretáceo inferior, rodeado de materiales consolidados del cuaternario. En general, el terreno presenta buenas condiciones de cimentación, deformación y estabilidad, y se emplazará sobre un terreno rocoso (filita), de origen metamórfico.

3.3.2 Investigación Geotécnica

A continuación se presentan los trabajos de investigación con fines geotécnicos, realizados en la zona del proyecto y en laboratorio.

Excavación de Calicatas

La investigación geotécnica de campo propuso la excavación de 3 calicatas convenientemente distribuidas en la zona del proyecto. La profundidad promedio de las calicatas excavadas es de 1.50 metros. A partir de estas se obtuvieron muestras representativas, las cuales fueron enviadas a laboratorio para su análisis. Cabe mencionar que ninguna de las calicatas evidenció la presencia de nivel freático (en el Anexo V se adjunta el plano de ubicación de las calicatas, la

fotografía 2 del Anexo IX muestra una calicata). El resumen y ubicación de las calicatas excavadas se muestra en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1
Ubicación de Calicatas

Calicata	Este	Norte
C-1	277,075.0	8'670,515.5
C-2	277,074.4	8'670,523.4
C-3	277,074.8	8'670,531.6

Ensayos de Laboratorio

Se tomaron muestras de suelo del material de cimentación de la zona del proyecto y del material de relleno estructural proveniente de una cantera externa. Los ensayos fueron realizados en los laboratorios de suelos del área de Geotecnia Aplicada a la Hidráulica del Laboratorio Nacional de Hidráulica de la Universidad Nacional de Ingeniería y en los laboratorios de la empresa Vector Perú.

Terreno de Cimentación. El cuadro 4.2 muestra los resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas en muestras de roca obtenidas de las calicatas excavadas para la obtención de la gravedad específica (Gs).

Cuadro 4.2
Resultados de Ensayos en Muestras de Roca de las Calicatas

Calicata	Muestra	Profundidad (m)	Gs
C-1	M-1	0.25 – 0.45	2.32
C-2	M-2	0.25 – 0.45	2.47
C-3	M-3	0.25 – 0.45	2.69

Relleno Estructural. A partir del material de relleno estructural se obtuvo una muestra representativa, la cual fue sometida a ensayos de laboratorio. De estos resultados se concluye que este material es una grava arcillosa-limosa (GC-GM) con un contenido de humedad de 4.7%, un límite líquido de 14.0, índice plástico igual a 4 y gravedad específica de 2.68.

La muestra de relleno estructural también fue sometida al ensayo del Proctor Estándar y al ensayo de Compresión Triaxial (condición consolidada-no drenada).

De estos ensayos se obtuvieron los siguientes parámetros:

- Máxima Densidad Seca: 2.077 gr/cm²
- Óptimo Contenido de Humedad: 9.3%
- Cohesión: 0.20 Kg/cm²
- Ángulo de Fricción: 37°

Piedra para Gaviones. Para el llenado del paramento frontal del sistema Terramesh, se requiere la utilización de piedras limpias, compactas y no solubles al agua o a la intemperie, pudiendo ser redondeadas o angulosas; tal que puedan garantizar la resistencia de la obra. Las dimensiones de las piedras deben ser lo mas regular posible y estar limitadas preferiblemente entre 6" (15 cm) a 8" (20 cm), pudiendo llegar a 12" (30 cm) en algunos casos.

Para calcular el peso de las celdas o gavión se puede emplear una porosidad del 40% para enrocados angulosos. En algunas investigaciones realizadas para cantos redondeados, se obtuvieron pesos unitarios de 1.7 Ton/m³ equivalente a porosidad del 35%.

Los manuales de diseño de productores extranjeros especifican generalmente porosidades del 30%, recomendando el uso de pesos unitarios de 1.8 Ton/m³.

El material pétreo que conformará el relleno de los gaviones también fue evaluado y ensayado en laboratorio. A partir de los ensayos se obtuvieron los siguientes parámetros, especificados en los cuadros 4.3 y 4.4.

Cuadro 4.3
Determinación de la Porosidad del Relleno de Gaviones

Muestra	Gs	D _{MAX} (Ton/m ³)	E	n
M-1	2.71	1.60	0.694	0.410
M-2		1.50	0.807	0.447

Cuadro 4.4
Determinación de Porosidades Máximas y Mínimas

Intervalos	e	n	γ _d (Ton/m ³)
Máximo	0.92	0.479	1.411
Mínimo	0.35	0.259	2.007

Fuente: Ref. Bibl. N° 04

Del cuadro 4.3 observamos que los valores de porosidad de 0.410 y 0.447; están dentro de los intervalos máximos y mínimos de porosidad (Cuadro 4.4), por lo que se consideró una porosidad de 0.40.

Con este valor y con la ayuda de la figura 4.1 se determinó el peso unitario de la piedra de relleno, obteniendo 1.70 Ton/m³.

Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados figuran en el Anexo II.

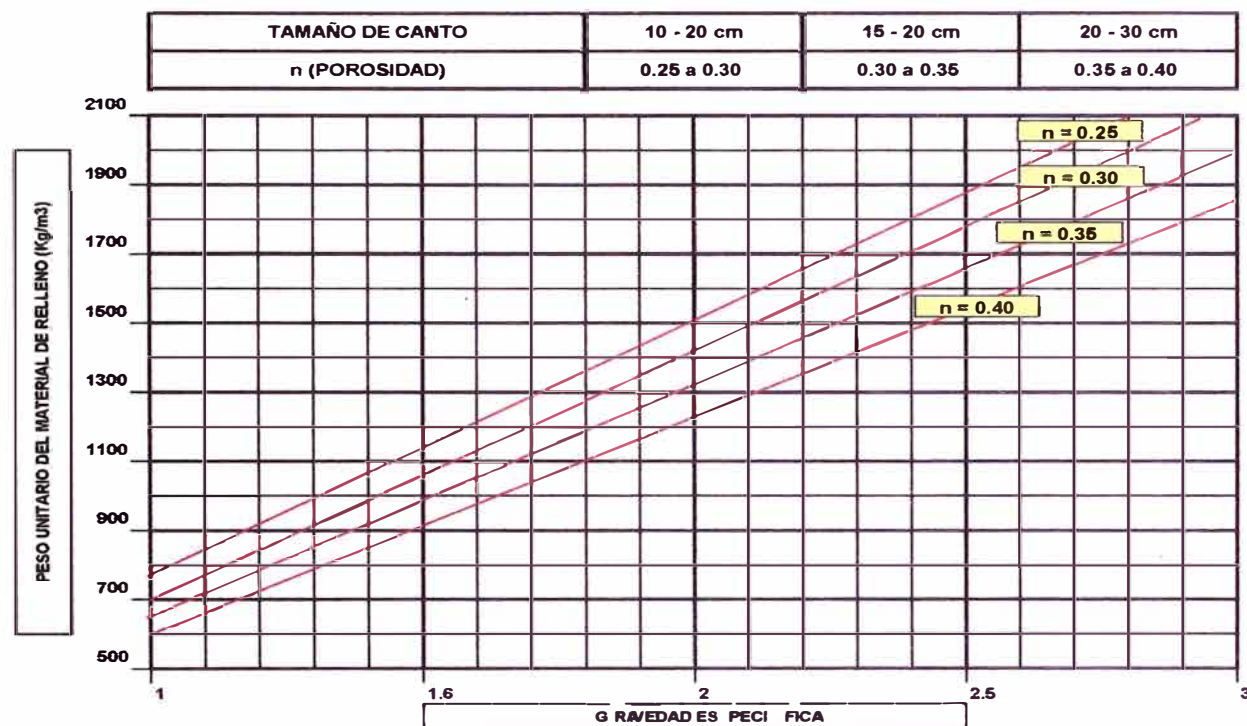


Figura 4.1 - Determinación del Peso Unitario de la Piedra

Fuente: Ref. Bibl. N° 06

Evaluación del Macizo Rocoso

La evaluación del macizo rocoso ha sido efectuada de acuerdo a la relación propuesta por Bieniaswski del South African Council for Scientific and Industrial Research (CSIR).

A partir del análisis y lo obtenido en campo, se obtiene una valoración de RMR básico de 62, y para el tipo de trabajo que implica (cimentaciones), con rumbo y buzamiento favorables, se obtiene un RMR ajustado de 60, correspondiente a una roca clasificada como buena. Con estos datos, se obtiene una cohesión de 31 Ton/m² y un ángulo de fricción de 36°.

3.3.3 Análisis de la Cimentación

A continuación se presenta el análisis de la cimentación para la estructura proyectada, basado en las características del terreno de fundación.

Tipo de Cimentación. Dada la naturaleza rocosa, con fracturamiento leve a moderado, se recomienda la utilización de un cimiento corrido.

Profundidad de Cimentación. En base al estudio del perfil estratigráfico, las características físico-mecánicas del terreno y la solicitud de carga, se recomienda cimentar a una profundidad no menor de 0.30 m por debajo del nivel de terreno natural.

Parámetros de Diseño. Los parámetros de capacidad de carga se determinan de las relaciones presentadas líneas abajo (considerando la condición de cimiento corrido)

$$N_c = 2N_\phi^{\frac{1}{2}}(N_\phi + 1) \quad (4.1)$$

$$N_\phi = \text{Tan}^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) \quad (4.2)$$

$$N_\gamma = N_\phi^{\frac{1}{2}}(N_\phi^2 - 1) \quad (4.3)$$

$$N_q = N_\phi^2 \quad (4.4)$$

Donde: N_c , N_γ y N_q son los parámetros de capacidad de carga en función de ϕ .

A partir de estas relaciones se obtiene que $N_c = 17.0$, $N_\gamma = 29.0$ y $N_q = 14.0$.

Cálculo de la Capacidad Admisible. Se ha determinado la capacidad de carga admisible del terreno de fundación, en base a sus características físicas y mecánicas. Para esto, se utilizaron los parámetros de resistencia obtenidos del análisis en el ítem anterior en la siguiente relación:

$$q_u = CN_c + \frac{1}{2}\gamma_t BN_\gamma + \gamma_f D_f N_q \quad (4.5)$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} \quad (4.6)$$

Donde:

- q_u Capacidad última de carga
- q_{adm} Capacidad admisible de carga
- FS Factor de seguridad (igual a 3)
- γ_t Peso unitario del terreno de fundación (Ton/m^3)
- γ_f Peso unitario del terreno superficial (Ton/m^3)

El Cuadro 4.5 resume el cálculo de la capacidad de carga admisible.

Cuadro 4.5
Cálculo de Capacidad de Carga Admisible

Tipo de Cimentación	B (m)	D_f (m)	Q_{ult} (Kg/cm^2)	Q_{adm} (Kg/cm^2)
Cimiento Corrido	5.50	0.30	80.32	26.77
	5.50	0.50	81.12	27.04
	6.00	0.30	82.15	27.38
	6.00	0.50	82.95	27.65
	6.50	0.30	83.98	27.99
	6.50	0.50	84.77	28.26

De acuerdo a la tabla anterior, se dedujo que la capacidad admisible de la zona en estudio, para la estructura proyectada es igual a 26.77 Kg/cm^2 .

Cálculo del Asentamiento Admisible. El cálculo de asentamientos sobre cimentaciones en roca, se realiza a través de modelos elásticos, isótropos o anisótropos; en el caso isótropo, el asentamiento esta dado por:

$$S = \frac{Q_{adm}(1 - \mu^2)A^{\frac{3}{2}}}{\beta_2 E_m} \quad (4.7)$$

Donde:

- S Asentamiento probable (cm)
- Q_{adm} Esfuerzo neto transmitido (Kg/cm^2)
- μ Relación de Poisson
- β_2 Coeficiente adimensional
- A Área de la cimentación (cm^2)
- E_m Módulo de Elasticidad del macizo rocoso (Kg/cm^2)

$$E_m = 10^{\frac{RMR-10}{40}} \quad (GPa) \quad (4.8)$$

Las propiedades elásticas del macizo rocoso se obtuvieron mediante la ecuación 4.8. (Ref. Bibl. N° 10)

Para un RMR de 60, se obtiene un módulo de elasticidad de 12.5GPa para el macizo rocoso.

Para el caso de la roca filita, los parámetros elásticos del macizo rocoso para el presente proyecto son E_r 1'250,000 Ton/m² y μ de 0.15. El cuadro 4.6 muestra los valores de β_2 en función de las dimensiones (B y L) de la cimentación:

El cálculo de asentamientos se ha desarrollado considerando una cimentación rígida y flexible ($\beta_2 = 1.41$ en ambos casos) para una cimentación corrida donde $L/B = 10$. A partir de estos datos, se obtiene un asentamiento de 1.98 cm.

Cuadro 4.6
Valores de β_2 en función de B y L

L/B	Cimiento Rígido	Cimiento Flexible
Circular	1.13	1.04
1	1.08	1.06
2	1.10	1.09
3	1.15	1.13
5	1.24	1.22
10	1.41	1.41

Fuente: Ref. Bibl. N° 03

Cálculo del Asentamiento Diferencial Máximo. Con la finalidad de determinar el asentamiento máximo diferencial para la estructura proyectada. El cuadro 4.7 muestra la distorsión angular para el caso de muros flexibles.

A partir del cuadro 4.7 se obtiene una distorsión (δ/L) de 1/150, por lo que el asentamiento diferencial máximo será: $\delta = (1/150) \cdot 600 = 4 \text{ cm}$.

De acuerdo a la verificación por asentamiento máximo para cimentaciones superficiales, la capacidad de carga admisible por asentamiento es 1.85 cm considerando una capacidad de carga admisible, para el caso de un cimiento corrido sobre roca de 25.00 Kg/cm².

Cuadro 4.7
Asentamiento diferencial máximo

Distorsión angular δ / l	Daños
1/100	Límite cuando se teme daño estructural. Límite seguro para muros flexibles de ladrillo con $h/L < 1/4$. Considerable agrietamiento en tabiques y muros de ladrillo.
1/250	Límite para que el giro de edificios rígidos altos puede ser visible.
1/300	Límite para el que se espera la primera fisura en tabiques. Límite en el que se esperan dificultades para puentes grúa.
1/500	Límite seguro para edificios que no permiten agrietamiento.
1/600	Límite de peligro para pórticos con arriostramientos diagonales.
1/750	Límite inferior, para maquinaria sensible a asientos.

Fuente: Ref. Bibl. N° 2

3.3.4 Proyección Estereográfica del Macizo Rocosó

Esta sección desarrolla el método de la proyección estereográfica para la identificación y análisis de las familias de discontinuidades de un macizo rocosó, basado en la representación polar de la intersección de la normal al plano representativo de las discontinuidades con la esfera de referencia.

Los resultados obtenidos del análisis del macizo rocosó realizado en el ítem anterior, se resumen a continuación, con la información sobre orientación y buzamiento de la familia de discontinuidades y del talud del macizo.

- Azimut del buzamiento 263°
- Buzamiento $\beta = 50^\circ$
- Ángulo de fricción de la discontinuidad $\phi = 37^\circ$
- Inclinación del talud $\alpha = 90^\circ$
- Azimut del muro 3°

Verificación de la Estabilidad del Talud

Este ítem presenta la metodología para determinar la estabilidad del talud del macizo rocoso, mediante el análisis cinemático y la posible ocurrencia de fallas tipo planar, cuña o vuelco. Los criterios para los dos primeros tipos de falla son que esta se puede producir si el ángulo de buzamiento del plano de la discontinuidad (β), es menor que el ángulo de buzamiento del talud existente (α), y a su vez mayor que el ángulo de fricción de la discontinuidad (\emptyset). Para la falla por vuelco, el criterio utilizado es que esta falla se puede producir si el ángulo de buzamiento del plano de la discontinuidad (β) es menor que el ángulo de buzamiento del talud (α) menos el ángulo de fricción de la discontinuidad (\emptyset).

A continuación, el cuadro 4.8 se muestran los tipos de falla probables para el macizo rocoso.

Cuadro 4.8
Determinación de Tipo de Falla del Macizo Rcoso

Tipo de Falla	Condición	Condición Numérica	Observaciones	
Planar	Juntas predominantes y/o continuas que buzan hacia el talud	$\emptyset < \beta < \alpha$	$37^\circ < 50^\circ < 90^\circ$	Si
Cuña	Dos juntas de diferentes familias, cuya intersección buza hacia el talud	$\emptyset < \beta < \alpha$	$37^\circ < 50^\circ < 90^\circ$	No
Vuelco	Una familia de juntas predominantes y/o continuas que buzan contra el talud	$\beta < \alpha - \emptyset$	$50^\circ < 52^\circ - 37^\circ = 15^\circ$	No

Del cuadro 4.8, se concluye que predomina el tipo de falla planar, por lo que el análisis se basa en esta conclusión.

4.3.5 Deslizamiento Planar por Esfuerzo Cortante

Este análisis se realizará por el método de Hoek & Bray. Se deberá tener en cuenta que muchas cuñas cinemáticamente inestables se sostienen gracias a la resistencia de la fricción que se ejerce entre las paredes adyacentes de las discontinuidades. Las fuerzas dinámicas inducidas como son los sismos, presiones por columnas de aguas infiltradas, pueden romper el estado de equilibrio de las estructuras cinemáticamente inestables. Este análisis requiere de ciertas suposiciones básicas adicionales:

El deslizamiento probable es en una dirección perpendicular a la cara del paramento del muro y mas o menos paralela ($\pm 20^\circ$) al buzamiento de la discontinuidad.

Todas las fuerzas actúan a través del centroide de la cuña; es decir, todos los momentos que se puedan generar se descartan.

Toda fuerza de empuje en exceso, actúa paralela a la dirección del plano de discontinuidad.

Las cargas debido al peso del muro de contención y fuerzas sísmicas, etc., se consideran que actúan verticalmente sobre la roca adicionando peso a la cuña.

Condición estática: En la condición estática para el equilibrio de la cuña para la falla planar, figura 4.2, se considero el peso de la cuña ($W_{cuña}=80.50Tn$) y un peso adicional correspondiente al muro de contención ($W_{muro}=25.83Tn$), la descomposición de estos pesos en el sentido de la discontinuidad ($\beta=55^\circ$), nos da una fuerza impulsora total de (**$F_i=87.20Tn$**). Ahora tenemos una fuerza pasiva que contiene a la cuña ($P_p=442.60Tn$), la descomposición de esta fuerza en el sentido de la discontinuidad ($\beta=55^\circ$) nos da ($P=254.10Tn$), adicional a la fuerza generada por la fricción de la discontinuidad ($T=18.76Tn$), lo que nos da una fuerza resistente total de (**$F_r=272.81Tn$**).

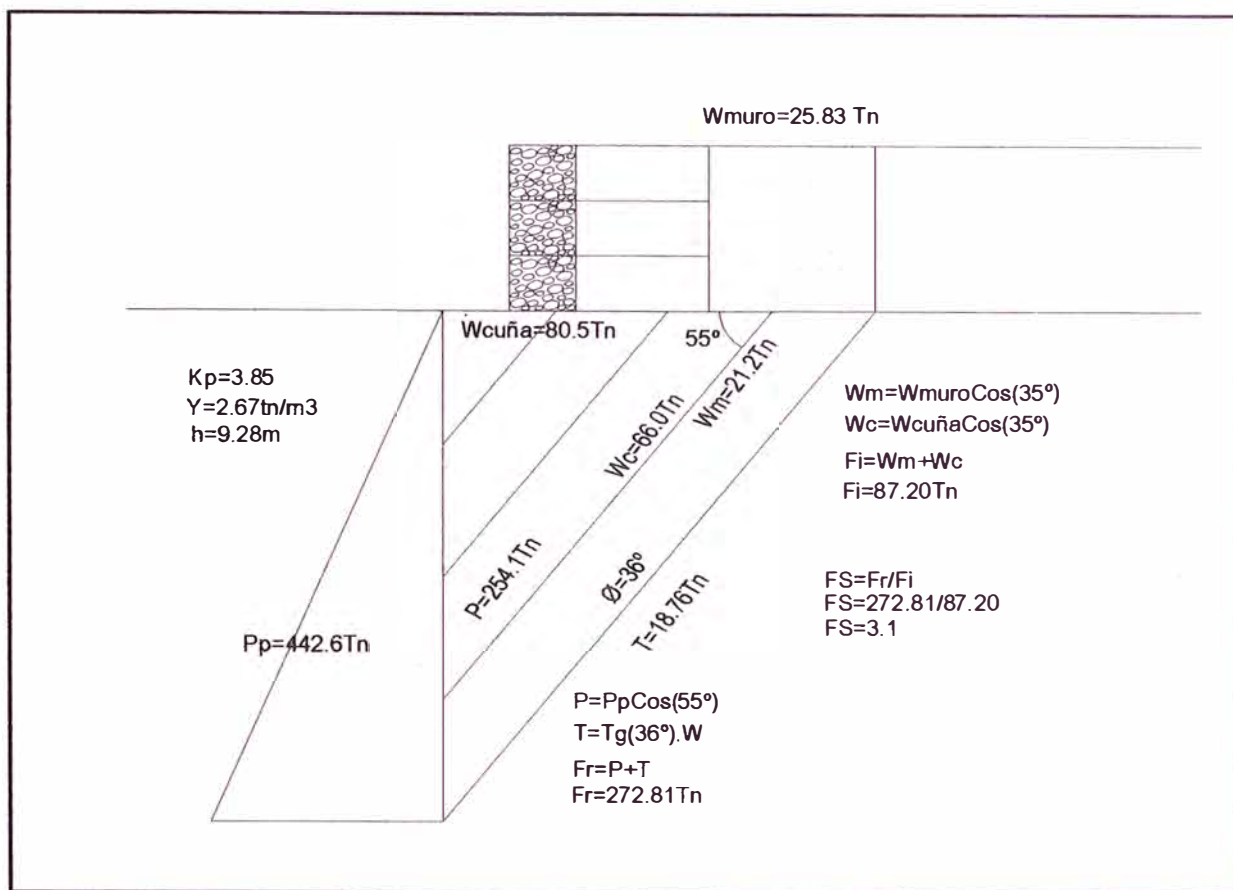


Figura 4.2 - Análisis de la falla planar (Condición estática)

En el cuadro 4.9, se presenta el cálculo del Factor de seguridad para la condición estática ante la falla planar, la cual deberá ser mayor que 1.5.

Cuadro 4.9
Factor de seguridad estática

Fuerza resistente Fr (Tn)	Fuerza impulsora Fi (Tn)	Factor de seguridad FS=Fr/Fi	Condición FS>1.5
272.81	87.20	3.13	Cumple

Condición Dinámica (Kh=0.22 y Kv=0): Para esta condición se añadirá una fuerza sísmica de (Pae=4.28Tn), figura 4.3. La descomposición de esta fuerza en el sentido de la discontinuidad ($\beta=55^\circ$), genera una fuerza adicional a la fuerza impulsora considerada en el calculo estático; la cual nos da una fuerza

impulsora total de ($F_i=90.70Tn$). La fuerza resistente es la misma del análisis estático ($F_r=272.81Tn$).

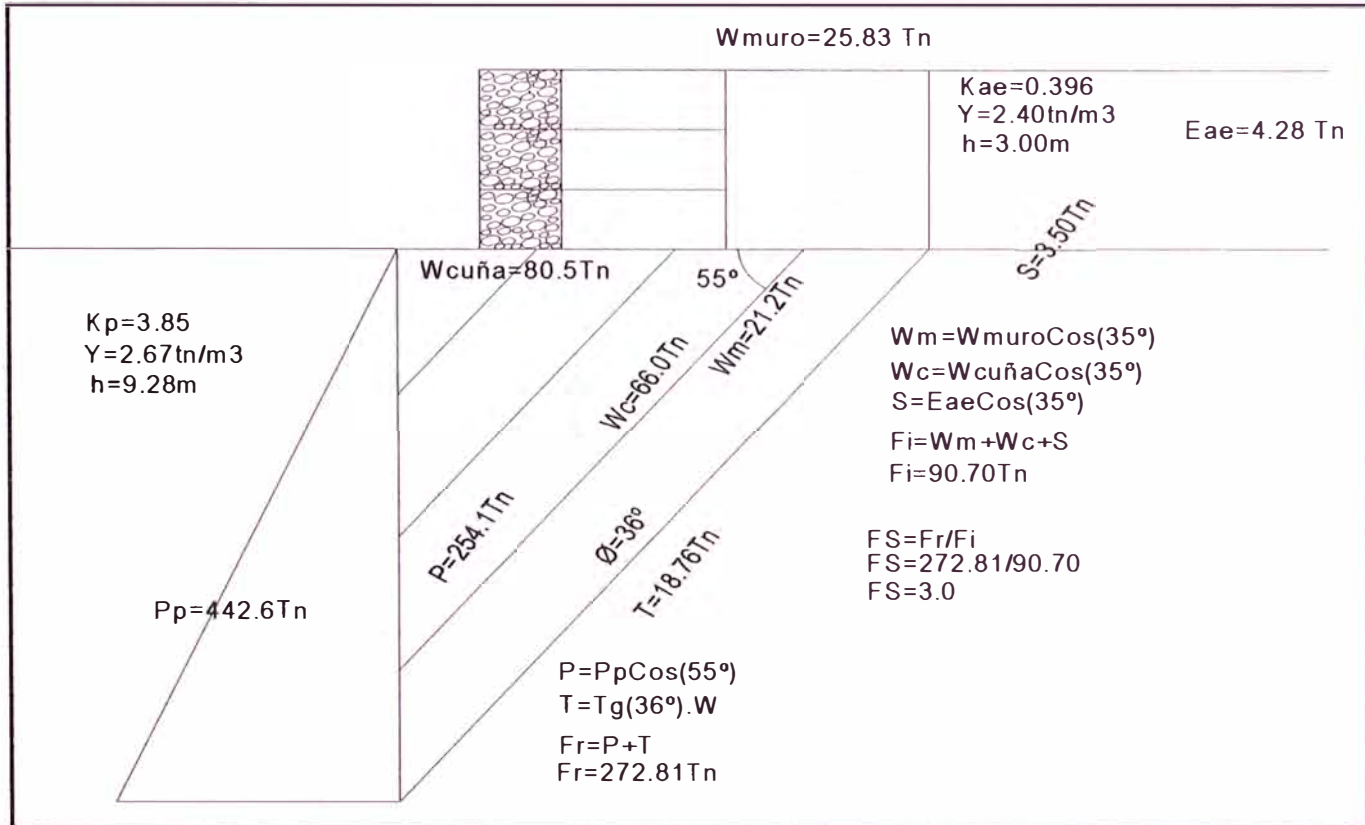


Figura 4.3- Análisis de la falla planar (Condición dinámica)

Donde:

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\beta + \delta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\theta + \delta)\text{sen}(\phi - \theta - i)}{\cos(\beta + \delta + \theta)\cos(\beta - i)}} \right]^2} \quad (4.9)$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi + \beta)}{\cos^2\beta \cos(\beta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi - \delta)\text{sen}(\phi + i)}{\cos(\beta - \delta)\cos(\beta - i)}} \right]^2} \quad (4.10)$$

En el cuadro 4.10, se presenta el cálculo del Factor de seguridad para la condición dinámica ante la falla planar, la cual deberá ser mayor que 1.25.

Cuadro 4.10
Factor de seguridad dinámica

Fuerza resistente Fr (Tn)	Fuerza impulsora Fi (Tn)	Factor de seguridad FS=Fr/Fi	Condición FS>1.25
272.81	90.70	3.00	Cumple

3.4 Diseño y Análisis

Una vez realizados todos los estudios geotécnicos de campo y de laboratorio, se realizó el diseño del muro de contención, tomando como base su geometría, los parámetros geotécnicos del suelo de cimentación, del relleno estructural y parámetros de resistencia de los elementos del Sistema Terramesh.

La estabilidad del muro de contención fue evaluada utilizando el software MacStars 2000 de Maccaferri y mediante una hoja de cálculo basada en el análisis por dovelas. Este análisis comprende el cálculo de la estabilidad global, interna tanto en condiciones estáticas como pseudo-estáticas. Los métodos utilizados para el análisis de fallas fueron Bishop y Janbu en el programa MacStars, mientras que la hoja de cálculo utilizó los métodos de Felenius y Janbu.

El cálculo realizado presenta las unidades geotécnicas involucradas adoptando un modelo de falla e integrando los factores que condicionan la estabilidad como:

- Propiedades del comportamiento físico-mecánico del muro de contención
- Condiciones geométricas del muro (cimentación y taludes)
- Condiciones geométricas del refuerzo (relleno estructural, paramento frontal y plano de refuerzo horizontal)
- Condiciones geotécnicas (suelo de cimentación, rellenos)
- Condiciones de agua subterránea o filtraciones.

Las propiedades de los materiales involucrados en el diseño del muro de contención figuran en el cuadro 4.11.

Cuadro 4.11
Parámetros Físicos y Mecánicos de Materiales

Material	Densidad (Ton/m ³)	C (Kg/cm ²)	Ø (°)
Roca	1.69	3.10	36.0
Concreto	2.40	2.00	40.0
Relleno Estructural	1.50	0.20	37.0
Piedra	1.70	0.20	40.0

Para la verificación de la estabilidad del muro de contención se utilizaron los factores de seguridad mínimos recomendados por la Norma E-050 para Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, es decir, 1.50 para la condición estática y 1.25 para la condición pseudo-estática.

De acuerdo al mapa de zonificación sísmica (ver figura 02 del Anexo I) y la Norma E-030 Sismo-Resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, el departamento de Lima está dentro del área de alta sismicidad, entre VII y IX en la escala de Mercalli Modificado.

La figura 03 del Anexo I presenta la distribución de aceleraciones sísmicas en el Perú para 50 y 100 años de vida útil con una excedencia del 10%. Estos valores tienen una buena correlación con el mapa de máximas intensidades sísmicas observadas (Ref. Bibl. N° 1) en el que se observa que las zonas de Tumbes, Piura, Lima, Arequipa, Tacna y el norte de Chile presentan intensidades entre VIII y IX en la escala de MM, mientras que la zona oriental presenta valores por debajo de V.

Además, se tomó como referencia una publicación del Ministerio de Energía y Minas para la variante de Cañete del Proyecto Camisea la cual ofrece datos de aceleraciones máximas para un período de retorno de 475 años en diversas ciudades al sur de Lima. El cuadro 4.12 muestra estos valores:

Cuadro 4.12
Aceleraciones Máximas al Sur de Lima

Lugar de Análisis	Aceleración Máxima (g)	Aceleración Efectiva (g)	Aceleración de Análisis (g)
Humay	0.42	0.32	0.22
Lurín	0.44	0.33	0.22
Chilca	0.43	0.32	0.22
Cañete	0.44	0.33	0.22
Chincha	0.43	0.32	0.22
Pisco	0.44	0.33	0.22

Nota: 1 g equivale a 981 cm/seg².

Por lo que, para la zona del proyecto se consideró una aceleración de 0.22g en el cálculo pseudo-estático.

El cuadro 4.13 muestra los resultados de los análisis de estabilidad utilizando los métodos de Bishop y Janbu en el programa MacStars, mientras que el cuadro 4.14 muestra los resultados obtenidos con la hoja de cálculo.

Cuadro 4.13
Resultados del Análisis de Estabilidad utilizando MacStars

Tipo de Análisis	Método de Bishop		Método de Janbu	
	Estático (a = 0.0g)	Pseudo-Estático (a = 0.22g)	Estático (a = 0.0g)	Pseudo-Estático (a = 0.22g)
Estabilidad Interna	2.306	1.804	2.285	1.702
Estabilidad Global	19.154	13.019	17.216	11.232

Cuadro 4.14
Resultados del Análisis de Estabilidad utilizando MS Excel

Tipo de Análisis	Estabilidad Interna		Estabilidad Global	
	Método de Fellenius	Método de Janbu	Verificación al Deslizamiento	Verificación al Volteo
Resultados	4.40	3.47	6.36	16.37

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el muro de contención planteado es estable tanto para condiciones estáticas como para pseudo-estáticas.

3.5 Proceso Constructivo

El proceso constructivo del Modelo experimental es el que detallamos en el Capítulo 3, en el Panel fotográfico (Anexo IX) explicamos gráficamente el proceso constructivo.

El muro de contención a construir no se encuentra apoyado a ningún talud, razón por la cual no se realizaron tareas de excavación, perfilado y nivelación de taludes; otra característica del muro a construir es la de no tener sistema de drenaje.

Por las dimensiones del área de trabajo y la envergadura de la obra no fue necesario destinar áreas para el almacén de obra, oficinas, servicios higiénicos y comedores. Las herramientas manuales y equipo liviano fueron almacenados en el Laboratorio Nacional de Hidráulica.

3.6 Presupuesto de Obra

El presupuesto de la obra asciende a unos once mil setecientos cuatro con 84/100 nuevos soles (S/. 11,704.84), y esta distribuido en cuatro ítems principales:

Cuadro 4.15
Presupuesto de construcción del modelo experimental

Items	S/.	%
Obras preliminares	300.50	2.57
Movimiento de tierras	3829.18	32.71
Terramesh system	5189.16	44.33
Control de calidad	2386.00	20.38
Total	11704.84	100.00

En el Anexo VI se encuentra la hoja de metrados y análisis unitarios de las partidas correspondientes al presupuesto para la construcción del muro de contención con sistema terramesh.

CONCLUSIONES

- El Sistema Terramesh es una alternativa para la contención o estabilización de taludes y terraplenes.
- Para la elección del Sistema Terramesh u otro sistema de contención con suelo reforzado (geotextiles, muros mesa, etc.) como solución a un determinado problema, se debe analizar la disponibilidad de los materiales a emplear; por ejemplo si se opta por el Sistema Terramesh se debe tener abundante material pétreo; si no abunda el material pétreo, el costo del muro se elevaría por el gasto adicional en traslado de materiales desde canteras lejanas.
- Otro factor a tomar en cuenta es el paisaje natural o urbano que rodea al muro que pensamos construir; el acabado del paramento frontal de los muros Terramesh es similar al de los gaviones (es decir, piedras redondeadas o angulosas sobrepuestas unas a otras dentro de una caja de malla hexagonal), este acabado puede ser ideal para carreteras o minas. El Terramesh verde es más estético y puede emplearse en zonas urbanas como calles y parques.
- En proyectos de mayor envergadura, el Sistema Terramesh es reforzado con geomallas u otro material de refuerzo.
- El proceso constructivo del Sistema Terramesh y Terramesh Verde es sencillo, no se requiere de mano de obra calificada para la construcción.
- Debido al empleo de materiales disponibles en el lugar de la construcción (piedras y relleno estructural) no hay mayor impacto ambiental durante la construcción del muro Terramesh.
- La contención o estabilización de taludes empleando suelos reforzados es viable; se tiene varias alternativas a tomar en cuenta (muros con geotextiles, muros mesa con geomallas, sistema Terramesh, etc.), la elección del sistema a emplear esta en función de los materiales disponibles y del paisaje natural o urbano que rodea al muro.

RECOMENDACIONES

- Durante el montaje de los elementos Terramesh es recomendable usar un mismo tramo de alambre de refuerzo para unir los elementos continuos, de esta manera ahorramos alambre.
- Para mantener la verticalidad del muro se recomienda colocar un entramado de madera frente al paramento frontal durante la colocación de las piedras de relleno, ver figura 3.10.
- Por economía es recomendable utilizar el material de corte del talud como relleno estructural, de ser necesario acumular el suelo con material orgánico para ser utilizado en las capas superiores del muro como elementos de revegetación.
- La colocación de las piedras debe realizarse en forma manual, tratando de acomodarlas (en especial las piedras que darán hacia el paramento frontal), dependiendo de la envergadura de la obra se puede hacer uso de maquinaria pesada (bobcat, cargador pequeño, etc.) para facilitar la colocación de las piedras, ver figura 3.11.

BIBLIOGRAFIA

1. Alva Hurtado, Jorge, Dinámica de Suelos, primera edición, Perú – 2002.
2. Bjerrum, L, Allowable Settlement of Structures, Alemania – 1963.
3. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería, Curso de Mecánica de Rocas, Lima – Perú – 2001.
4. Lambe, T.W. & Whitman, R.V., Mecánica de suelos, séptima edición, México – 1990.
5. Maccaferri América Latina – Estructuras en Tierra Reforzada, Brasil – 2005.
6. Maccaferri del Peru SAC – Diseño de Estructuras de Suelo Reforzado “Sistema Terramesh”, Lima – Perú 2007.
7. Maccaferri del Peru SAC – Guía de Instalación del Terramesh System, Lima – Perú 2007.
8. Martín Escorza, Carlos, La Aplicación de la Proyección Estereográfica en la Geología Estructural. Primera edición, España – 1975.
9. NCMA, Desing Manual for Segmental Retaining, USA – 1997.
10. Serafim and Pereyra, Consideration of the Geomechanics Classification of Bieniawski, USA – 1983.
11. www.enrico-piolanti.pt/maccaferri.htm
12. www.maccaferri.com.br

ANEXO I

ESTUDIO GEOTECNICO

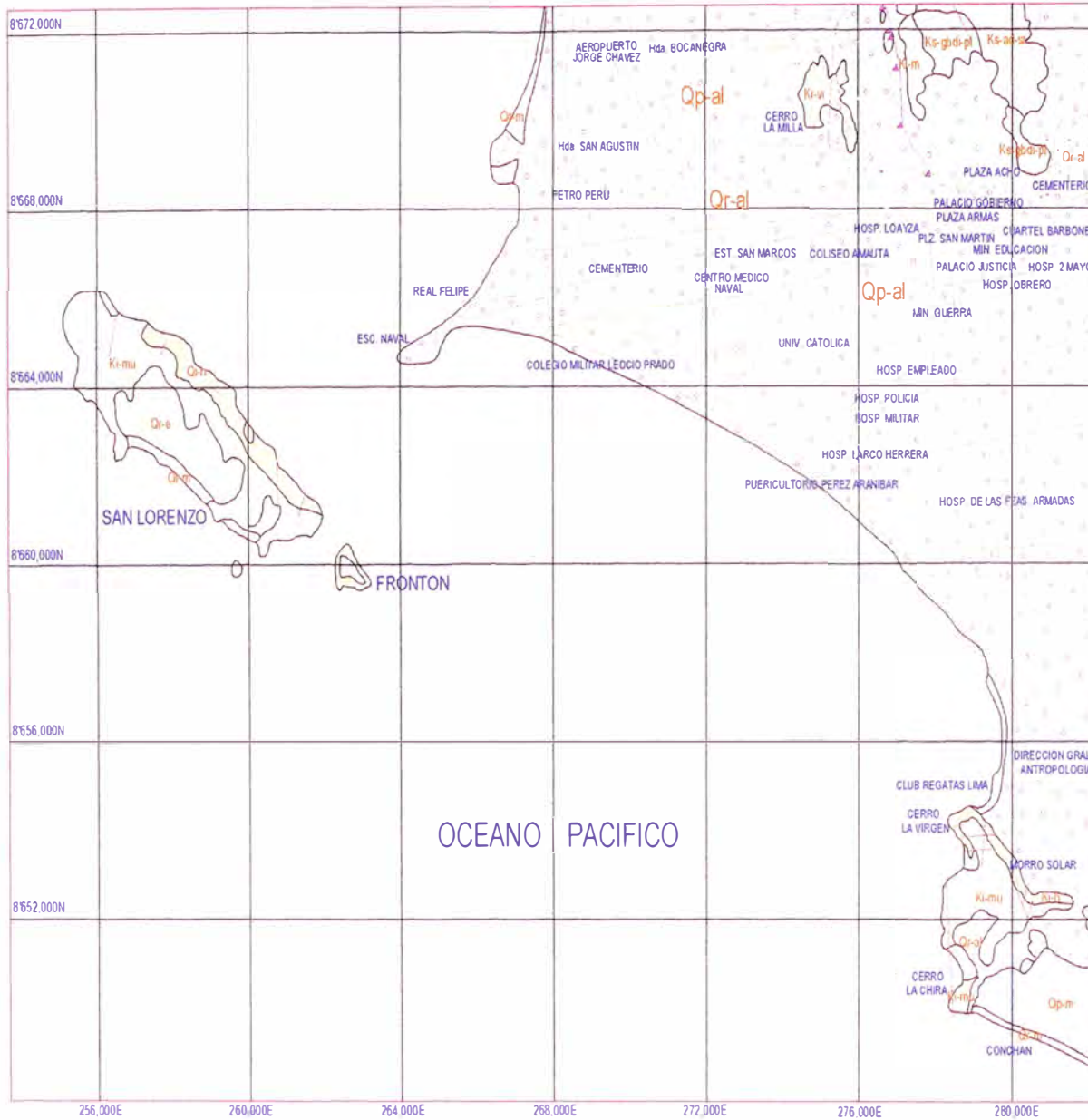


Fig. N° 01: GEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

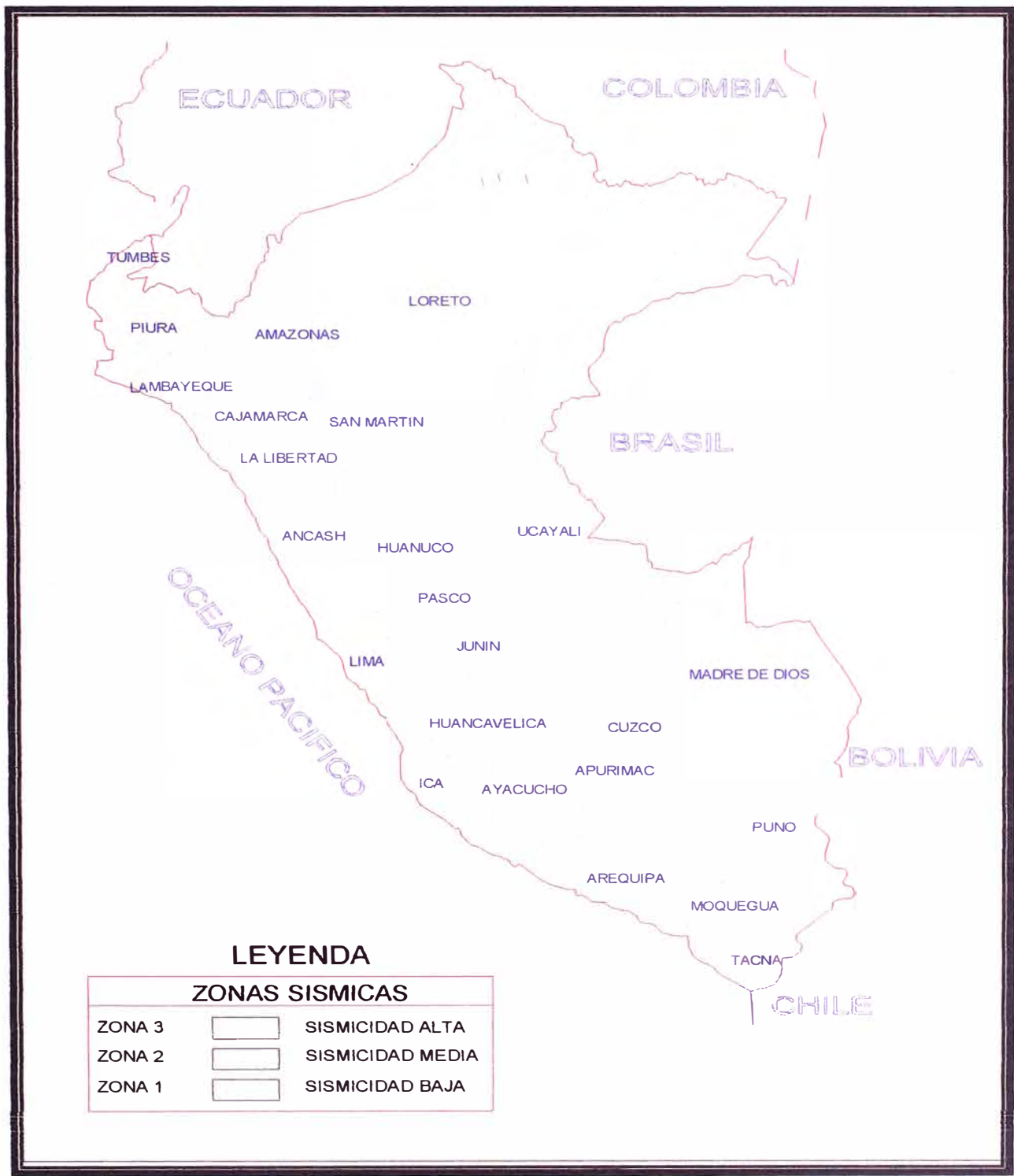


Fig. N° 02: MAPA DE ZONIFICACION SISMICA DEL PERU

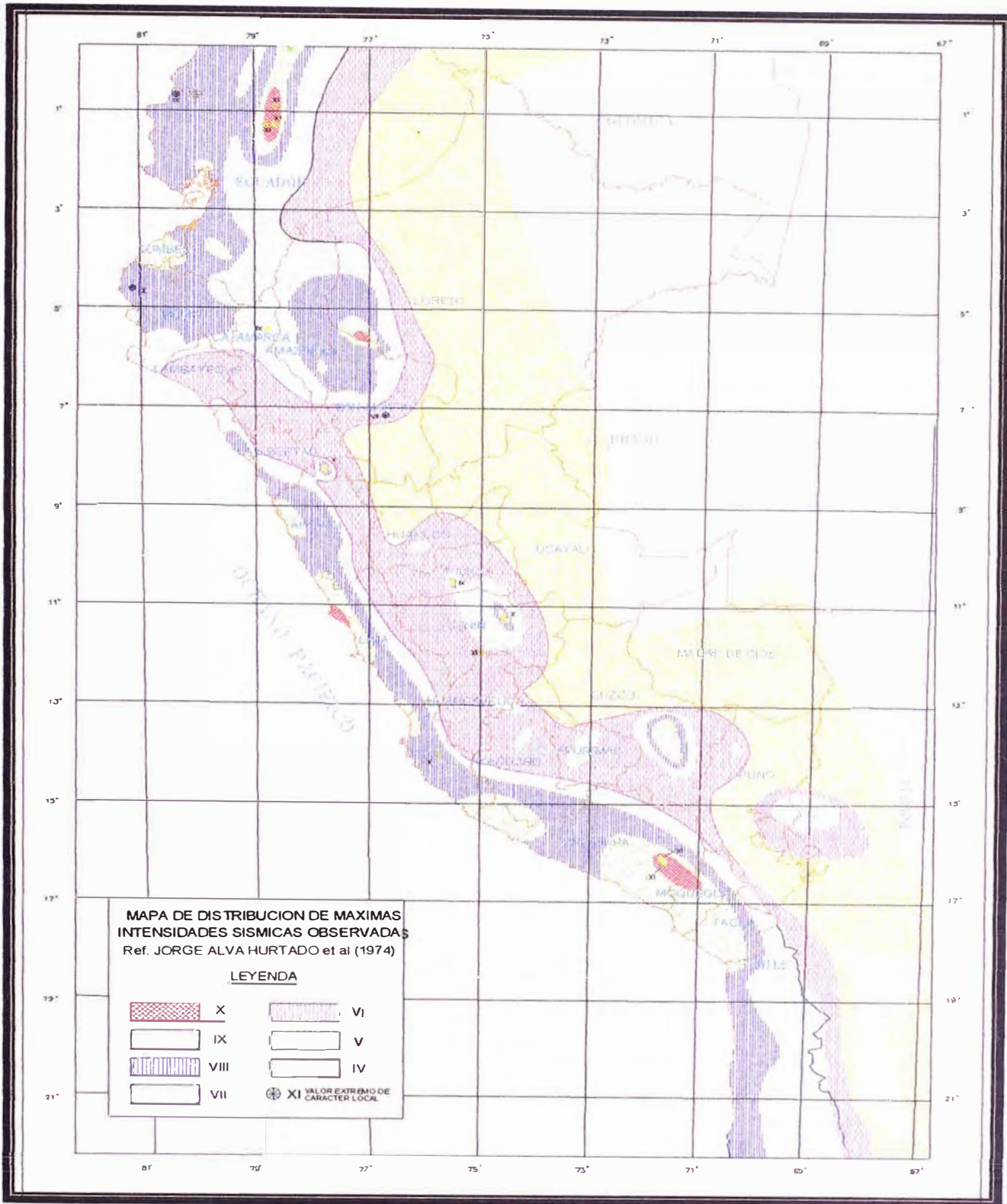


Fig. N° 03: MAPA DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS DEL PERU

ANEXO II

ENSAYOS DE LABORATORIO



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



DENSIDADES MINIMA Y MAXIMA

A.S.T.M. D-4253 y A.S.T.M. D-4254

PROYECTO : MURO DE TERRAMESH
 SOLICITADO : GRUPO 5 MURO DE TERRAMESH
 UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 HECHO POR : Y.F.A/K.C.L/M.A.L. FECHA: 21 Abril 2007

Volumen 22325.7

CALICATA								
MUESTRA	Gravas	Gravas						
MINIMAS								
Ws+m+b (1)								
MAXIMAS								
Ws+m+b (1)	35796.00	33512.00						
Dminima (1)								
Dmaxima (1)	1.60	1.50						
DENS MINIMA								
DENS MAXIMA	1.60	1.50						

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



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS



RESULTADOS DE PRUEBAS ESCLEROMETRICAS DE LAS ROCAS

	UBICACIÓN	CALICATA	VALOR PROMEDIO	Kg/CM2
1	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	C - 3	41.33	482

VALORES DE	
65	780
60	754
55	734
50	652
45	549
40	458
35	366
30	284
35	366
30	284
21	70


Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO
Especialista en Geotecnia y Prospección Sísmica
C.I.P. N° 53362



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA
ÁREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRÁULICA



LABORATORIO GEOTECNICO
MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : MURO DE TERRAMESH
SOLICITADO : GRUPO 5 MURO DE TERRAMESH
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
HECHO POR : Y.F.A/K.C.L/M.A.L. FECHA: 21 Abril 2007

GRAVEDAD ESPECIFICA

CALICATA	Grava	Grava							
MUESTRA N°									
PROFUNDIDAD (m)									
W TARA (B) + Hg	632.80	630.80							
W TARA (B)	23.13	23.13							
W Hg	609.67	607.67							
W Hg (RESTANTE)	237.60	236.00							
γ Hg	13.60	13.60							
W ROCA	47.20	47.20							
VOLUMEN	17.47	17.35							
DENSIDAD	2.70	2.72							

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



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA
AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



LABORATORIO GEOTECNICO
MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : MURO DE TERRAMESH
SOLICITADO : GRUPO MURO DE TERRAMESH
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
HECHO POR : Y.F.A/K.C.L/M.A.L. FECHA: Marzo 2007

GRAVEDAD ESPECIFICA

CALICATA	C - 1	C - 2	C - 3						
MUESTRA N°	M - 1	M - 1	M - 1						
PROFUNDIDAD (m)									
W TARA (B) + Hg	635 60	635 60	635 60						
W TARA (B)	23 20	23 20	23 20						
W Hg	612 40	612 40	612 40						
W Hg (RESTANTE)	234 00	172 00	253 00						
γ Hg	13 60	13 60	13 60						
W ROCA	40 00	31 20	50 00						
VOLUMEN	17 21	12 65	18 60						
DENSIDAD	2 32	2 47	2 69						

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

Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO
Especialista en Geotecnia y Prospección Sísmica
C.I.P. N° 53362

Nombre del Proyecto: **MURO DE SUELO REFORZADO**

Cliente: **TITULACIÓN UNI - GRUPO No 5**

N° de Proyecto: --

N° Informe de Lab : --

Ubicación: **UNI - Facultad de Ingeniería de Minas**

Solicitado por: **Juan M. Sanchez**

N° de muestra : **Relleno Estructural**

Fecha: **03/Abr/2007**

Descripción / Zona: --

Partículas >3" (%) : --

Grava (%) : 37.8

Arena (%) : 33.9

Limos y Arcillas (%) : 28.3

Límites de Atterberg:

LL (%) : 18

LP (%) : 14

IP (%) : 4

Humedad (%) : 4.7

Clasificación SUCS : **GC-GM**

D₁₀ :

D₃₀ : 0.08

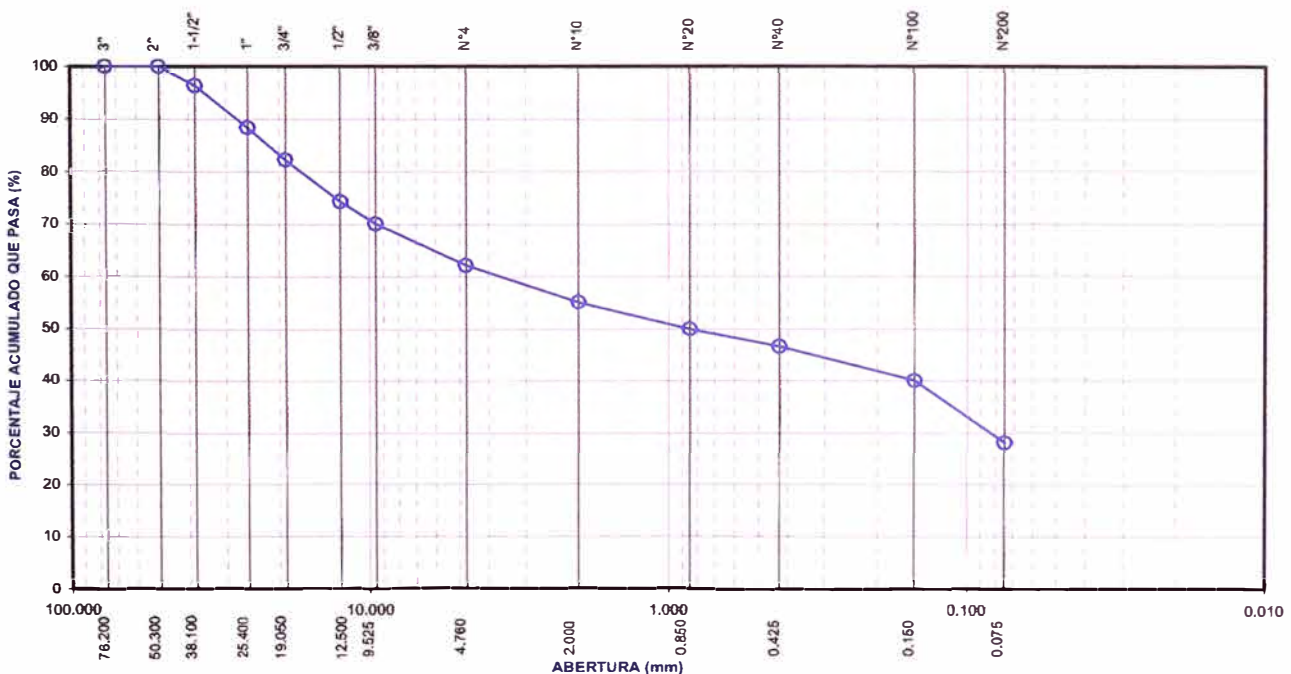
D₆₀ : 3.62

Cu :

Cc :

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	96.4
1"	25.400	88.4
3/4"	19.050	82.3
1/2"	12.500	74.4
3/8"	9.525	70.1
N°4	4.760	62.2
N°10	2.000	55.2
N°20	0.850	50.0
N°40	0.425	46.6
N°100	0.150	40.1
N°200	0.075	28.3

CURVA GRANULOMÉTRICA



Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la excepción de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JYCh

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Laboratorio:

--

Nombre del Proyecto: **MURO DE SUELO REFORZADO**

Cliente: **TITULACIÓN UNI - GRUPO No 5**

N° de Proyecto: --

N° Informe de Lab : --

Ubicación: **UNI - Facultad de Ingeniería de Minas**

Solicitado por: **Juan M. Sanchez**

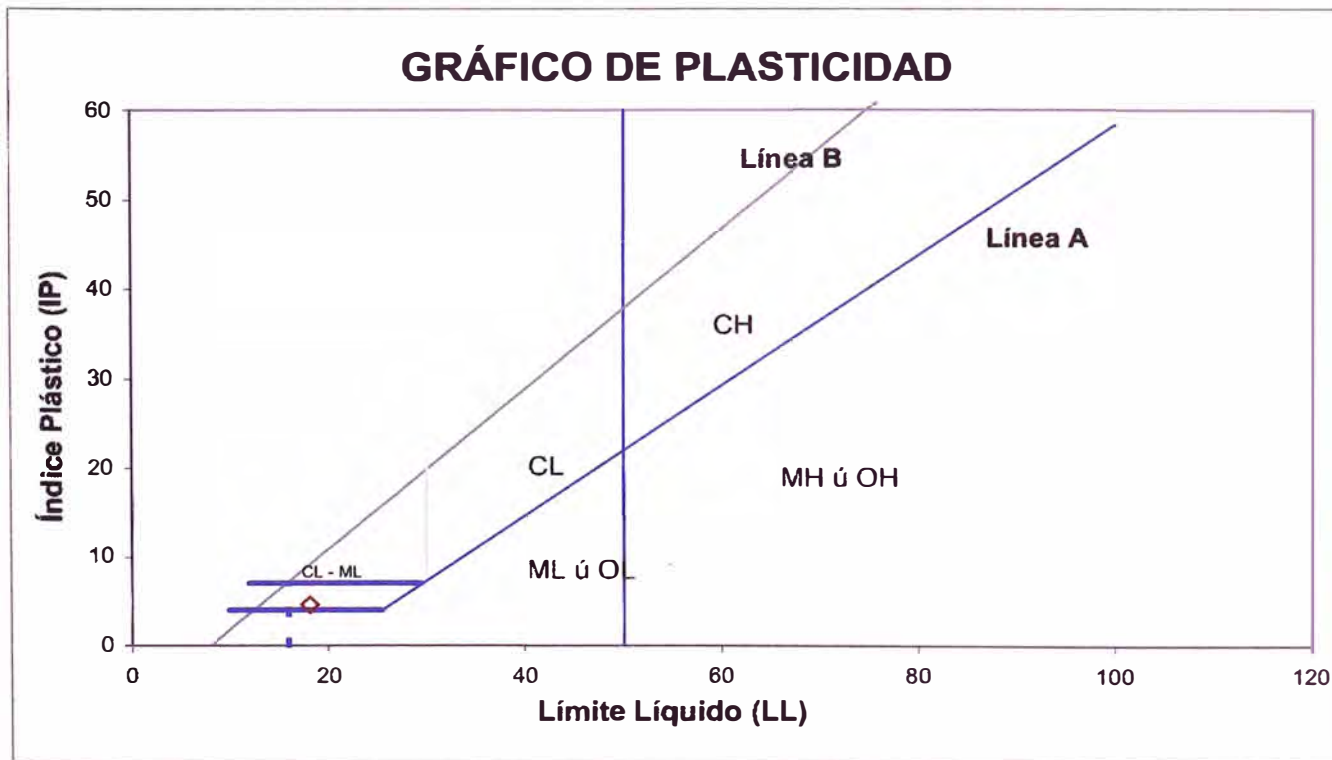
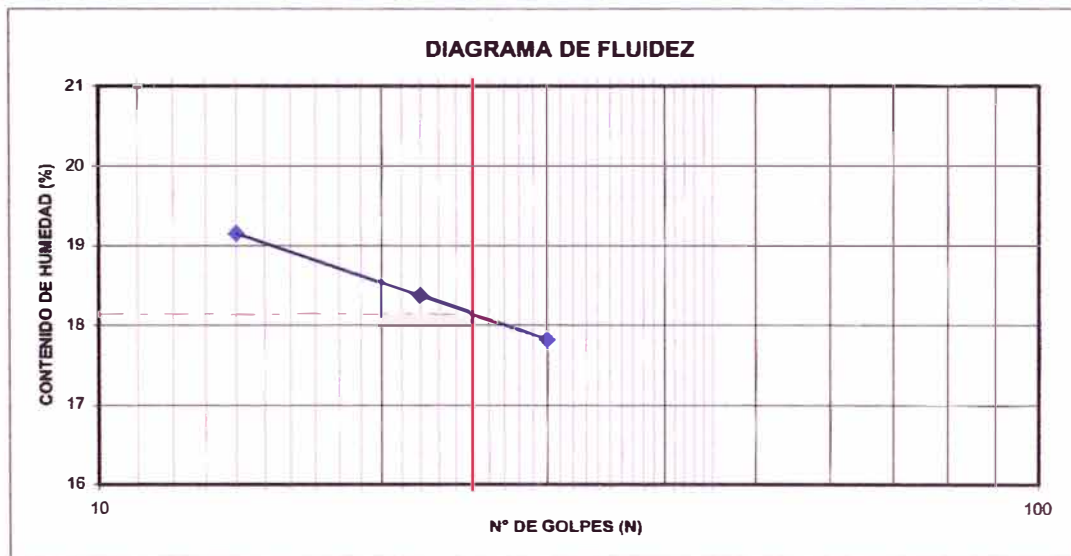
N° de muestra : **Relleno Estructural**

Fecha: **03/Abr/2007**

Descripción / Zona: --

Límites de Atterberg

LL (%) : 18
LP (%) : 14
IP (%) : 4



Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JYCh

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Nombre del Proyecto: **MURO DE SUELO REFORZADO**

Ciente: **TITULACIÓN UNI - GRUPO No 5**

N° de Proyecto: ---

N° Informe de Lab : ---

Ubicación: **UNI - Facultad de Ingeniería de Minas**

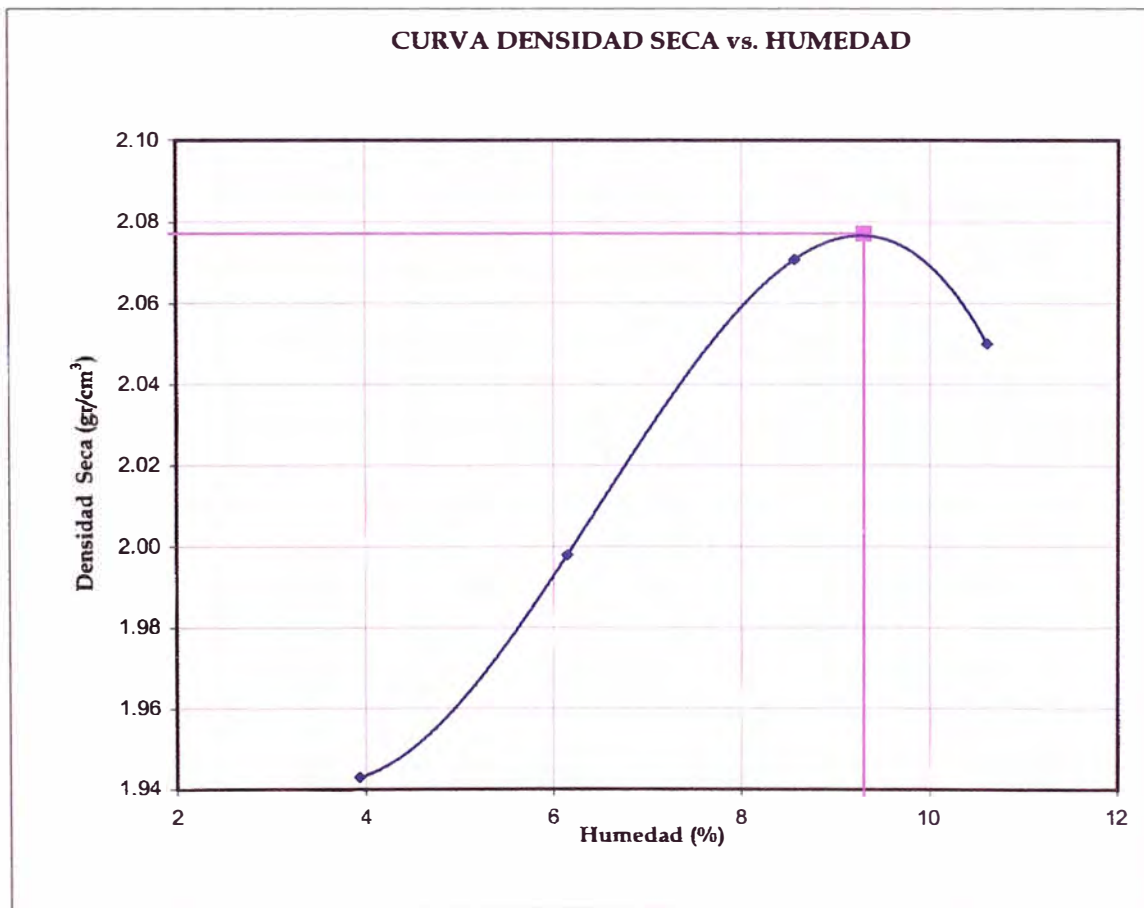
Solicitado por: **Juan M. Sanchez**

N° de muestra: **Relleno Estructural**

Fecha: **03/Abr/2007**

Descripción / Zona: ---

Prueba N°	1	2	3	4	5
Densidad seca (gr/cm ³)	1.943	1.998	2.071	2.050	
Humedad(%)	3.9	6.1	8.6	10.6	



Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : **2.077** Máxima Densidad Seca Corregida (gr/cm³) : **2.235**
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : **9.3** Óptimo Contenido de Humedad Corregida (%) : **8.3**

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente está de acuerdo en limitar la responsabilidad de Vector Perú S.A.C. de cualquier reclamo que provenga del Cliente y otras partes por el uso de estos datos al costo de los ensayos respectivos representados aquí.

Realizado por:

JYCh

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Nombre del Proyecto:	MURO DE SUELO REFORZADO		
Cliente:	TITULACIÓN UNI - GRUPO No 5		
N° de Proyecto:	--	N° Informe de Lab.:	--
Ubicación:	UNI - Facultad de Ingeniería de Minas	Solicitado por:	Juan M. Sanchez
N° de muestra:	Relleno Estructural	Fecha:	03/Abr/2007
Descripción / Zona:	--		

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N° 4			
% Retenido en la Malla N° 4	P ₁	37.8	
N° de Prueba		1	2
1) Peso de grava en agua S.S.S. en aire (gr)		963	990
2) Peso de grava en agua S.S.S. en agua (gr)		591	609
3) Peso de grava seca (gr)		948	977
4) Gravedad Especifica de Solidos Apare (3) / [(3)-(2)]	G _{s1}	2.66	2.65
5) Gravedad Especifica de Solidos Seca (3) / [(1)-(2)]		2.55	2.56
6) Gravedad Especifica de Solidos S.S.S. (1) / [(1)-(2)]		2.59	2.60
7) Absorción (%)	[(1)-(3)] / (3) * 100	1.58	1.33
			Promedio
			2.66
			2.56
			2.59
			1.46

MATERIAL PASA LA MALLA N° 4			
% Pasa la Malla N° 4	P ₂	62.2	
1) N° de Fiola		1	2
2) Peso de Fiola (gr)		182.2	180.2
3) Peso de Muestra Seca (gr)		100.0	100.0
4) Peso de Muestra Seca + Fiola (gr)		282.2	280.2
5) Peso de Muestra Seca + Fiola + Agua (gr)		743.7	741.8
6) Peso de Fiola + Peso de agua		680.5	678.1
7) Gravedad Especifica de Sólidos (3)/[(3)+(6)-(5)]	G _{s2}	2.72	2.75
8) Temperatura (°C)		23	23
9) Corrección por Temperatura (K)		0.99933	0.99933
10) Gravedad Especifica de Sólidos Corré (7)*(9)	G _{s2 (20°C)}	2.73	

$$G_{s_{prom}} = \frac{1}{\frac{P_1}{100 \times G_{s1}} + \frac{P_2}{100 \times G_{s2 (20^\circ C)}}}$$

$$G_{s_{prom}} = 2.70$$

Nota:

1) El Gprom reportado está dado en función al Peso Especifico de Solidos Aparente.

Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas. Los datos e información contenidos en esta hoja no pueden ser utilizados sin la autorización de Vector Perú S.A.C. Con la aceptación de los datos y resultados presentados en esta página, el Cliente est

Realizado por:

JYCh

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM



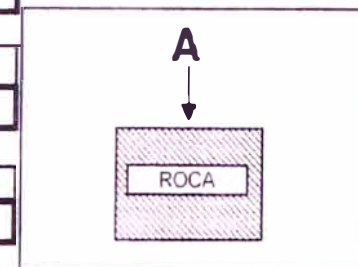
LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA
AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE LAS ROCAS

MURO TERRAMESH

	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	Lect 6	Lect 7	Lect 8	Lect 9	Promedio
ROCA C-1										
PERPEN.	45	46	44	44	40	47	43	42	45	44 00
ROCA C-2										
PERPEN.	40	41	40	44	42	45	40	45	45	42 44
ROCA C-3										
PERPEN.	40	40	40	42	42	42	44	40	42	41 33



Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO
Especialista en Geotecnia y Prospeccion Sismica
C.I.P. N° 53362

Proyecto:	MURO DE SUELO REFORZADO	No Informe de Lab.:	---
Ciente:	TITULACION UNI - GRUPO No 5	Solicitado por:	Juan M. Sanchez
Nº de Proyecto	---	Fecha:	16/Abr/2007
Ubicación	UNI - Facultad de Ingenieria de Minas		
Nº de muestra	Relleno Estructural		
Descripción/Zona:	---		

Estado : Remoldeado (densidad 1.967 gr/cm³)

Clasificación : **GC-GM**

Etapa	Inicial	Final
Altura (cm)	14.63	14.54
Diámetro (cm)	7.12	7.04
Humedad (%)	8.50	14.69
Densidad seca (gr/cc)	1.964	2.022

Velocidad (pulg/min)	0.01
Parámetro "B"	0.99
Presión de celda KPa	476
Contra presión KPa	276
Esf. Efect. Inicial KPa	200

Deformación (%)	Esf. Desv. KPa	μ KPa	σ_3 KPa	σ_1 KPa	\bar{p} KPa	\bar{q} KPa	\bar{q} / \bar{p}	Oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.00	0.00	200.00	200.00	200.00	0.00	0.00	1.00
0.05	54.84	6.89	193.11	247.94	220.52	27.42	0.12	1.28
0.10	95.91	13.10	186.90	282.81	234.86	47.96	0.20	1.51
0.19	127.77	19.99	180.01	307.78	243.89	63.89	0.26	1.71
0.35	198.19	38.61	161.39	359.58	260.49	99.10	0.38	2.23
0.49	233.18	48.95	151.05	384.22	267.64	116.59	0.44	2.54
0.73	279.13	62.05	137.95	417.08	277.51	139.56	0.50	3.02
0.97	314.67	70.33	129.67	444.34	287.01	157.33	0.55	3.43
1.22	338.73	79.29	120.71	459.44	290.08	169.37	0.58	3.81
1.46	350.29	82.74	117.26	467.55	292.41	175.14	0.60	3.99
1.70	357.29	86.18	113.82	471.11	292.46	178.65	0.61	4.14
1.96	359.71	88.25	111.75	471.45	291.60	179.85	0.62	4.22
2.45	361.27	91.01	108.99	470.26	289.62	180.63	0.62	4.31
2.93	360.58	93.08	106.92	467.50	287.21	180.29	0.63	4.37
3.42	359.87	94.46	105.54	465.42	285.48	179.94	0.63	4.41
3.91	358.06	95.84	104.16	462.23	283.19	179.03	0.63	4.44
4.39	355.16	97.91	102.09	457.25	279.67	177.58	0.63	4.48
4.88	353.35	98.60	101.40	454.76	278.08	176.68	0.64	4.48
5.87	348.60	101.35	98.65	447.25	272.95	174.30	0.64	4.53
6.84	345.00	103.42	96.58	441.58	269.08	172.50	0.64	4.57
7.81	341.40	104.80	95.20	436.60	265.90	170.70	0.64	4.59
8.80	337.74	106.18	93.82	431.56	262.69	168.87	0.64	4.60
9.77	335.17	107.56	92.44	427.61	260.02	167.58	0.64	4.63
10.75	333.59	108.94	91.06	424.66	257.86	166.80	0.65	4.66
11.72	329.96	109.63	90.37	420.33	255.35	164.98	0.65	4.65
12.69	328.32	110.32	89.68	418.01	253.85	164.16	0.65	4.66
13.70	326.51	110.32	89.68	416.19	252.94	163.25	0.65	4.64
14.64	323.94	111.01	88.99	412.93	250.96	161.97	0.65	4.64
15.61	321.21	111.70	88.30	409.52	248.91	160.61	0.65	4.64
16.58	320.37	111.70	88.30	408.68	248.49	160.19	0.64	4.63
17.55	318.52	112.38	87.62	406.14	246.88	159.26	0.65	4.64

Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados pueden y deberían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.

Realizado por: **TBP** Ingresado por: **TOM** Revisado por: **CSM** Fecha: **16/Abr/2007**

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

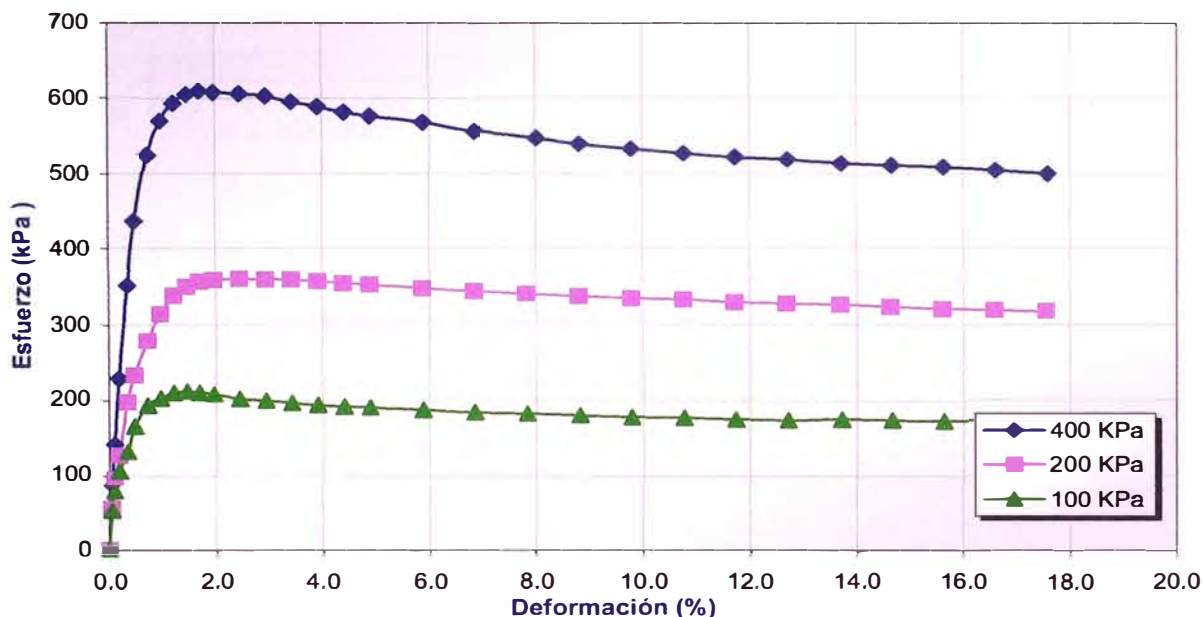
ASTM - D4767

Proyecto:	MURO DE SUELO REFORZADO	No Informe de Lab.:	---
Cliente:	TITULACION UNI - GRUPO No 5	Solicitado por:	Juan M. Sanchez
Nº de Proyecto	---	Fecha:	16/Abr/2007
Ubicación	UNI - Facultad de Ingenieria de Minas		
Nº de muestra	Relleno Estructural		
Descripción/Zona:	---		

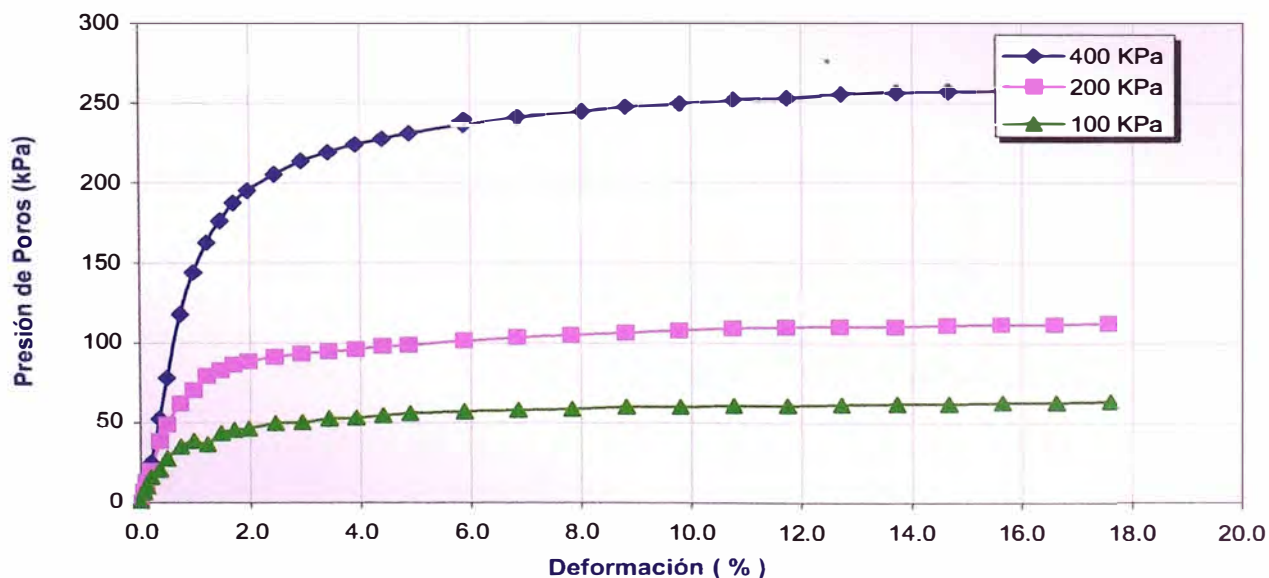
Estado : Remoldeado (densidad 1.967 gr/cm³)

Clasificación : GC-GM

DEFORMACIÓN vs. ESFUERZO



DEFORMACIÓN vs. PRESIÓN DE POROS



Realizado por:

TBP

Ingresado por:

TOM

Revisado por:

CSM

Fecha:

16/Abr/2007

ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL

Consolidado - No drenado (CU)

ASTM - D4767

Proyecto: **MURO DE SUELO REFORZADO**

Cliente: **TITULACION UNI - GRUPO No 5**

Nº de Proyecto: ---

No Informe de Lab.: ---

Ubicación: **UNI - Facultad de Ingenieria de Minas**

Solicitado por: **Juan M. Sanchez**

Nº de muestra: **Relleno Estructural**

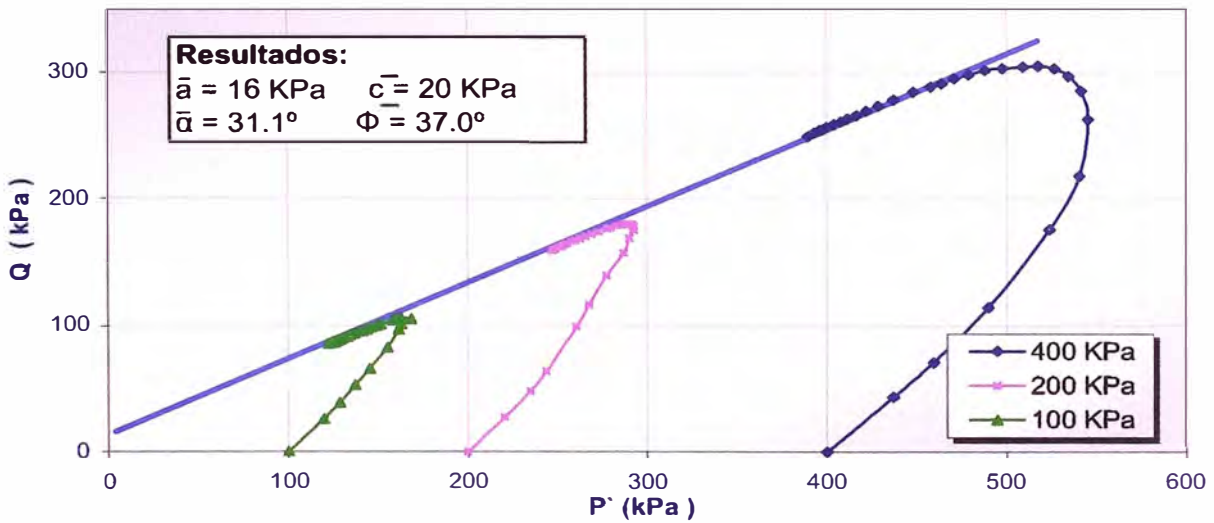
Fecha: **16/Abr/2007**

Descripción/Zona: ---

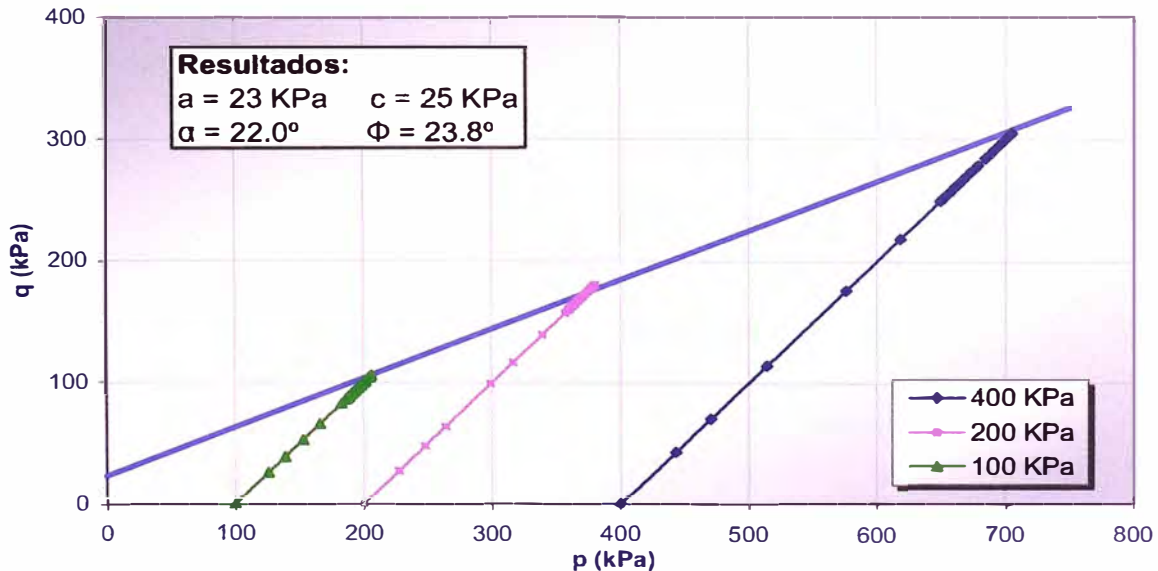
Estado: Remoldeado (densidad 1.967 gr/cm³)

Clasificación: GC-GM

TRAYECTORIA DE ESFUERZOS



p vs. q



Observaciones:

Los parámetros de resistencia cortante reportados pueden y deberían ser reinterpretados por un profesional competente en geotecnia.

Realizado por:

Ingresado por:

Revisado por:

Fecha:

TBP

TOM

CSM

16/Abr/2007

ANEXO III

CALCULOS DE DISEÑO

CÁLCULO DE ESTABILIDAD

PROYECTO: Muro de contención con Suelo Reforzado (Terramesh)

SECCIÓN TRANSVERSAL: A-A

UBICACIÓN: Universidad Nacional de Ingeniería

PROPIEDADES DEL SUELO

Suelo: CONCRETO	Descripción: CONCRETO	
Cohesión.....	[t/m ²]	: 20.00
Ángulo de Fricción.....	[°]	: 40.00
Valor de Ru.....		: 0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua.....	[t/m ³]	: 2.40
Peso unitario – abajo del nivel del agua.....	[t/m ³]	: 2.40
Módulo Elástico.....	[t/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		: 0.30

Suelo: GAVION	Descripción: GAVION	
Cohesión.....	[t/m ²]	: 2.00
Ángulo de Fricción.....	[°]	: 40.00
Valor de Ru.....		: 0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua.....	[t/m ³]	: 1.70
Peso unitario – abajo del nivel del agua.....	[t/m ³]	: 1.70
Módulo Elástico.....	[t/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		: 0.30

Suelo: GC-GM	Descripción: RELLENO ESTRUCTURAL	
Cohesión.....	[t/m ²]	: 2.00
Ángulo de Fricción.....	[°]	: 37.00
Valor de Ru.....		: 0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua.....	[t/m ³]	: 1.97
Peso unitario – abajo del nivel del agua.....	[t/m ³]	: 1.97
Módulo Elástico.....	[t/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		: 0.30

Suelo: ROCA	Descripción: ARENISCA-LUTITA	
Cohesión.....	[t/m ²]	: 31.00
Ángulo de Fricción.....	[°]	: 36.00
Valor de Ru.....		: 0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua.....	[t/m ³]	: 2.69
Peso unitario – abajo del nivel del agua.....	[t/m ³]	: 2.69
Módulo Elástico.....	[t/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		: 0.30

PERFIL DE LA CAMADA

Camada: 1

Descripción: ROCA

Suelo : ROCA

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.30	1.99	0.30	2.00	0.00	6.00	0.00
6.01	0.30	11.50	0.30				

Camada: 2

Descripción: CONCRETO

Suelo : CONCRETO

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
7.50	0.30	7.51	3.00	11.49	3.00	11.50	0.30

Bloque: G1

Dimens. del bloque.....[m]: Ancho de la Base... = 3.00

Altura..... = 1.00

Origen del Bloque.....[m]: Abscisa..... = 2.00

Ordenada..... = 0.00

Inclinación de la cara...[°]..: 0.00

Material de relleno para el Gavión.....: GAVION

Tipo de relleno estructural.....: Arena

Relleno estructural.....: GC-GM

Suelo de relleno.....: GC-GM

Suelo del talud arriba de la estructura.....: GC-GM

Suelo de Fundación.....: ROCA

Padrón de los refuerzos:

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo.....[m]..... = 2.00

Gavión.....[m]: Altura..... = 1.00

Ancho..... = 1.00

Bloque: G2

Dimens. del bloque.....[m]: Ancho de la Base... = 3.00

Altura..... = 1.00

Berma.....[m]..... = 0.00 en relación al bloque G1

Inclinación de la cara...[°].....: 0.00

Material de relleno para el Gavión.....: GAVION

Tipo de relleno estructural.....: Arena

Relleno estructural.....: GC-GM

Suelo de relleno.....: GC-GM

Suelo del talud arriba de la estructura.....: GC-GM

Suelo de Fundación.....: GC-GM

Padrón de los refuerzos:

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo.....[m]..... = 2.00

Gavión.....[m]: Altura..... = 1.00

Ancho..... = 1.00

Bloque: G3

Dimens. del bloque.....[m]: Ancho de la Base.. = 3.00
 Altura..... = 1.00
 Berma.....[m] = 0.00 en relación al bloque G2
 Inclinación de la cara...[°].....: 0.00

Material de relleno para el Gavión.....: GAVION
 Tipo de relleno estructural.....: Arena
 Relleno estructural.....: GC-GM
 Suelo de relleno.....: GC-GM
 Suelo del talud arriba de la estructura.....: GC-GM
 Suelo de Fundación.....: GC-GM

Padrón de los refuerzos:

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Largo.....[m] = 2.00
 Gavión.....[m]: Altura..... = 1.00
 Ancho..... = 1.00

PROPIEDADES DE LOS REFUERZOS UTILIZADOS

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 1.00

Resistencia a la Tracción.....[t/m].....:	4.21
Tasa de deformación plástica.....:	2.00
Coefficiente de deformación elástica.....[m ³ /t].....:	1.08e-03
Rigidez del refuerzo.....[t/m].....:	42.81
Largo de anclaje Mínimo.....[m].....:	0.15
Factor de seg. contra la ruptura (grava).....:	1.44
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....:	1.00
Factor de seg. contra la ruptura (arena).....:	1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....:	1.00
Factor de seg. contra la ruptura (arena limosa).....:	1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....:	1.00
Factor de seg. contra la ruptura (arcilla arenosa).....:	1.30
Factor de seg. contra el arrancamiento (Pull-out).....:	1.00
Factor de interacción refuerzo/refuerzo.....:	0.30
Coefficiente de interacción refuerzo-grava.....:	0.90
Coefficiente de interacción refuerzo-arena.....:	0.65
Coefficiente de interacción refuerzo-limo.....:	0.50
Coefficiente de interacción refuerzo-arcilla.....:	0.30

SOBRECARGAS

Cargas Distribuidas: S/C=1TN/M² Descripción : CARGA VIVA

Intensidad.....[t/m²] = 1.00
 Inclinación.....[°] = 0.00
 Abscisa.....[m] : de = 3.03 hasta = 11.49

Efectos Sísmicos:

Aceleración.....[m/s²].....:
 Horizontal..... = 2.16
 Vertical..... = 0.00

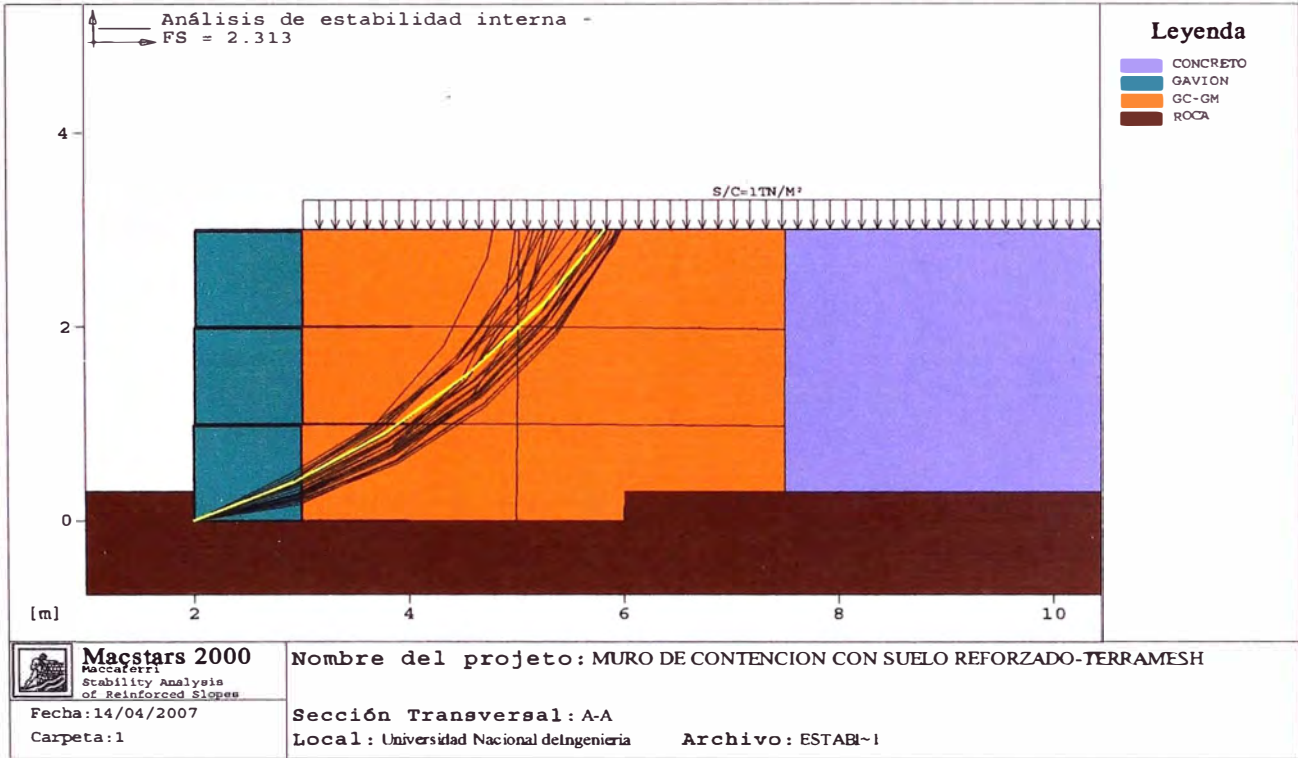
VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS

MÉTODO DE BISHOP (Análisis de estabilidad con superficies circulares)

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

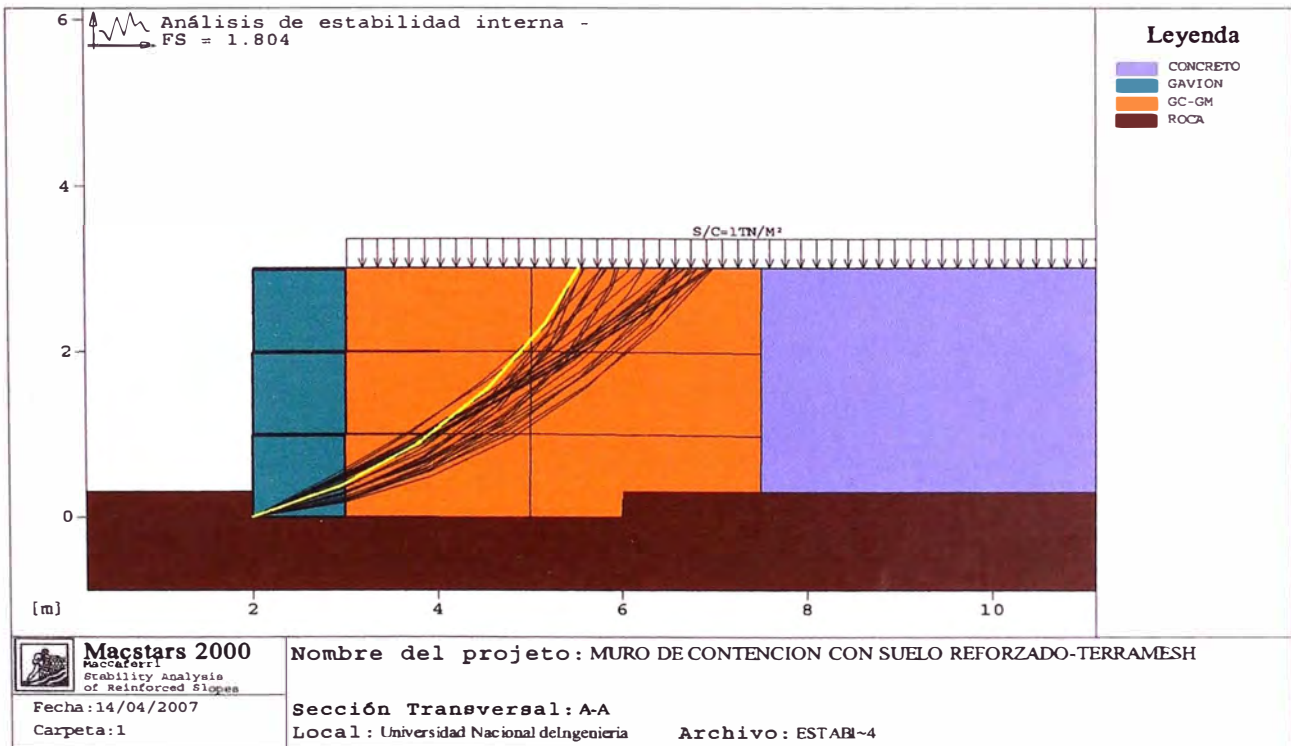
Estabilidad Interna (Estatico):

Factor de Seguridad Calculado: 2.313



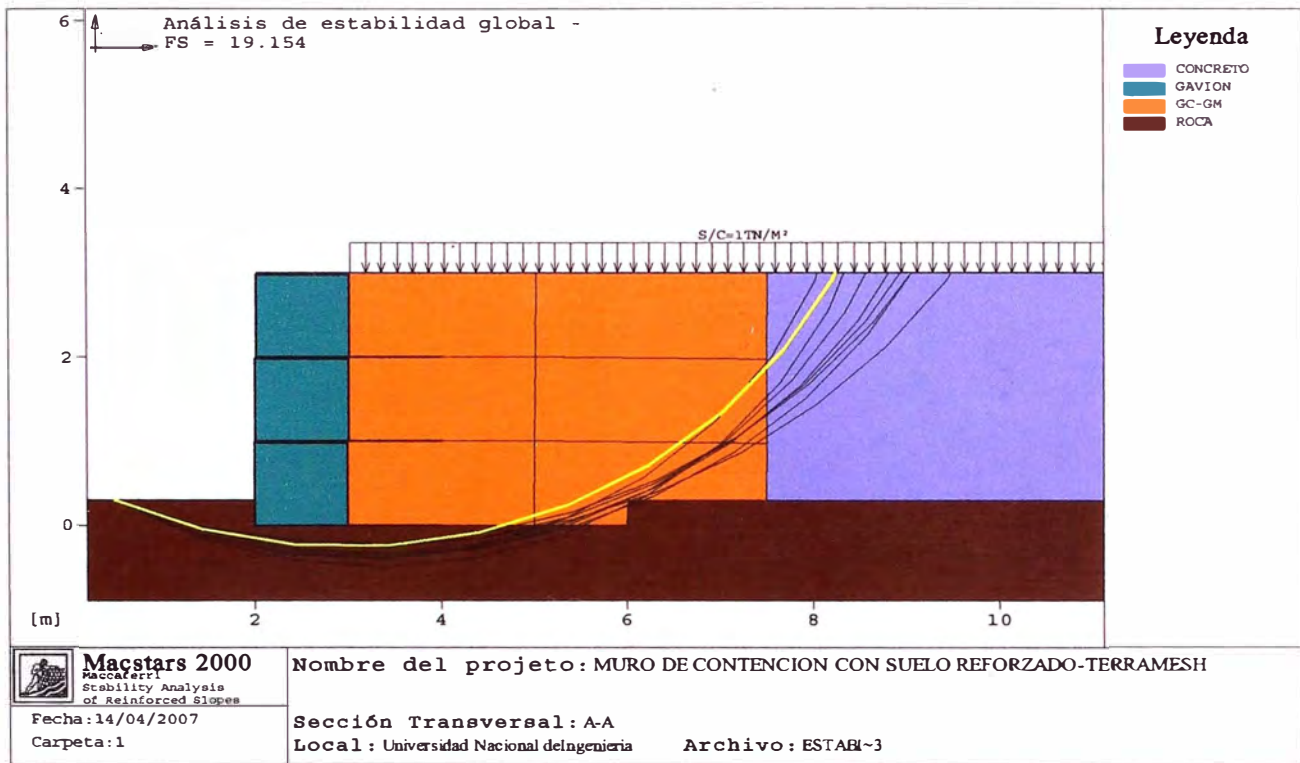
Estabilidad Interna (Dinámico):

Factor de Seguridad Calculado: 1.804



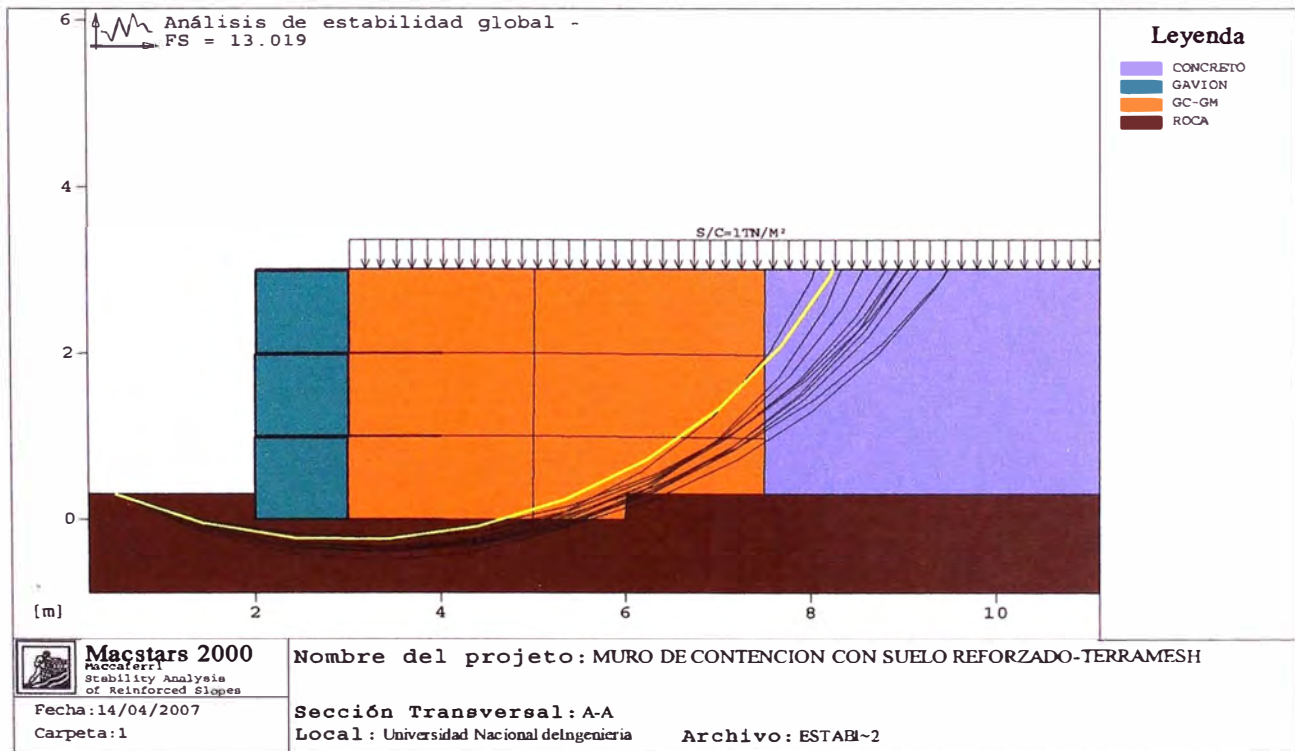
Verificación de la estabilidad Global (Estatico):

Factor de Seguridad Calculado.....: 19.154



Verificación de la estabilidad Global (Dinámico):

Factor de Seguridad Calculado.....: 13.019

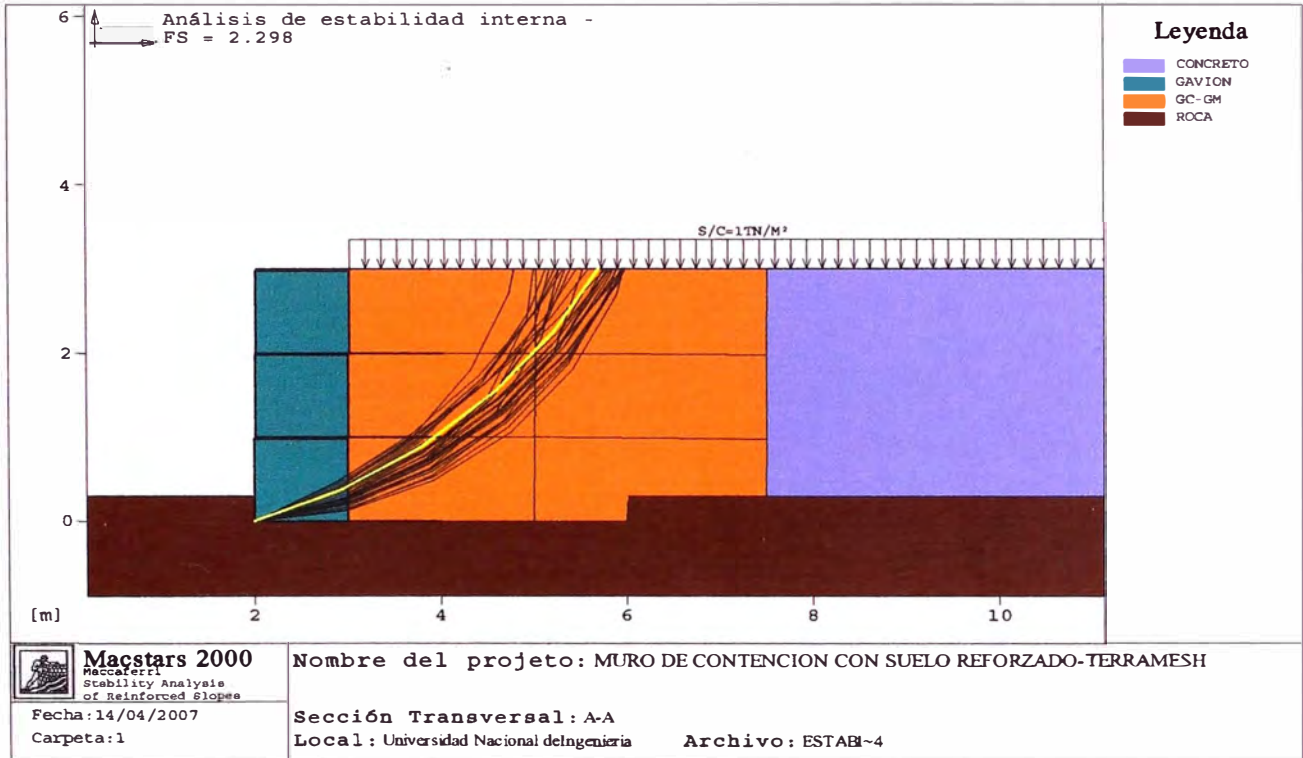


MÉTODO DE JANBU (Análisis de estabilidad con superficies circulares)

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

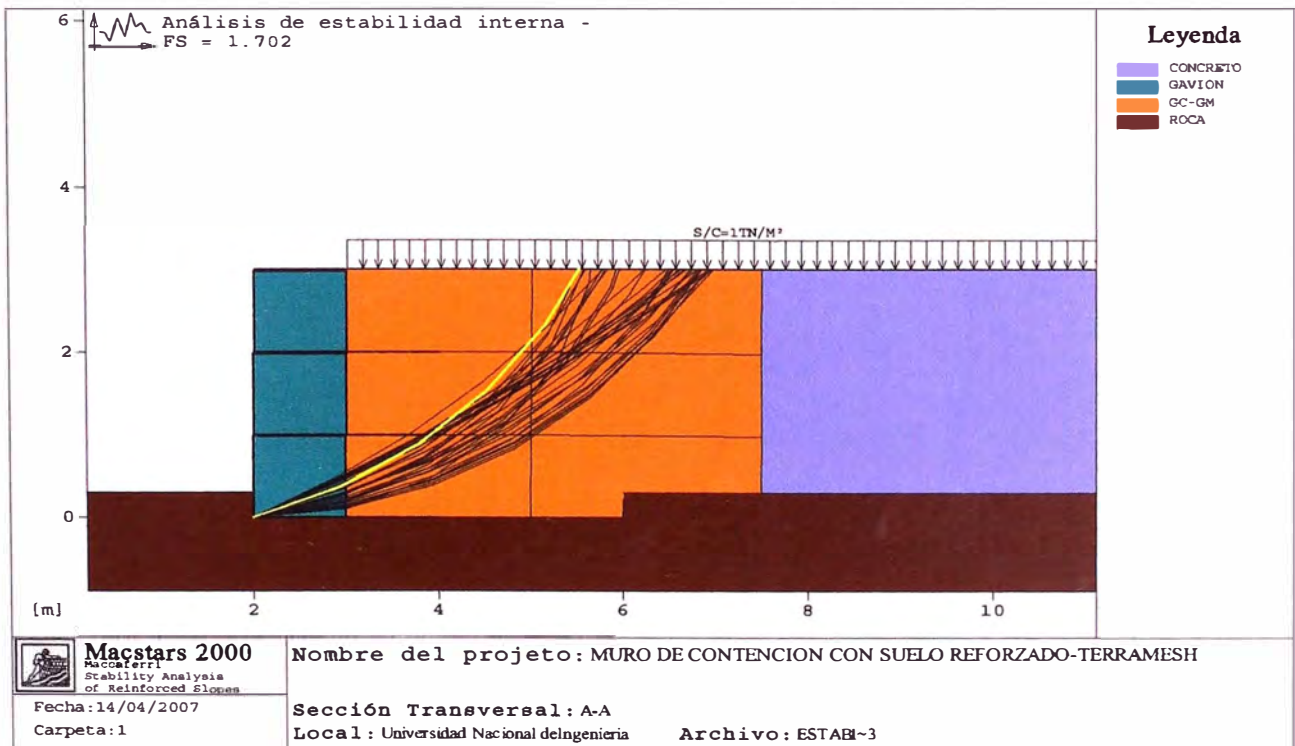
Estabilidad Interna (Estático):

Factor de Seguridad Calculado: 2.298



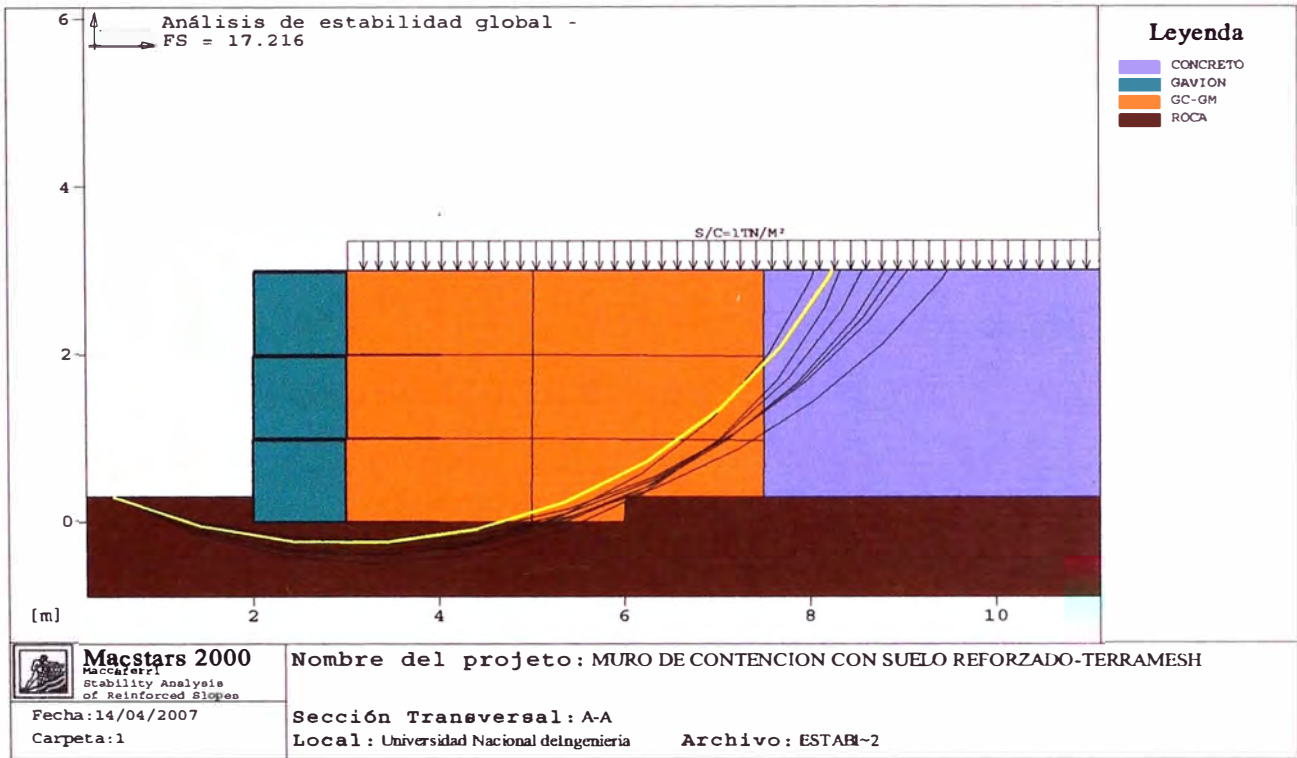
Estabilidad Interna (Dinámico):

Factor de Seguridad Calculado: 1.702



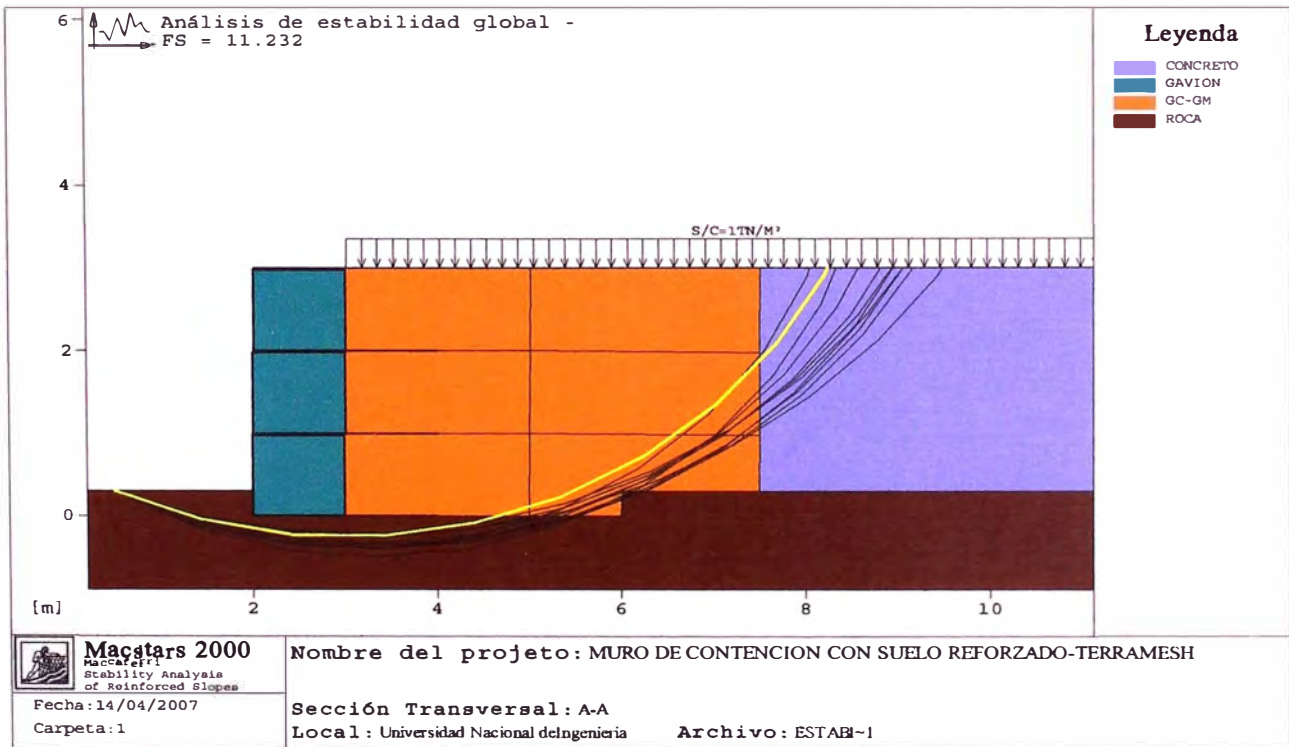
Verificación de la estabilidad Global (Estatico):

Factor de Seguridad Calculado: 17.216



Verificación de la estabilidad Global (Dinámico):

Factor de Seguridad Calculado: 11.232



RESUMEN DE RESULTADOS

Tipo de Análisis	Método Bishop		Método Janbu	
	Estático (a=0.0g)	Pseudo estático (a=0.22g)	Estático (a=0.0g)	Pseudo estático (a=0.22g)
Estabilidad Interna	2.313	1.804	2.298	1.702
Estabilidad Externa	19.154	13.019	17.216	11.232

(*) Resultados obtenidos con el programa MAC.ST.A.R.S 2000 – Rel. 2.2

MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

DATOS :

a) Estructura :

Altura	:	3.00	m
Longitud del Refuerzo	:	3.00	m
Inclinación del Paramento Frontal (α)	:	0.00	°
Peso Específico de los Gaviones	:	1.70	tn/m ³

b) Talud Sobre la Estructura :

Inclinación	:	0.00	°
Longitud Horizontal	:	0.00	m

c) Relleno Estructural :

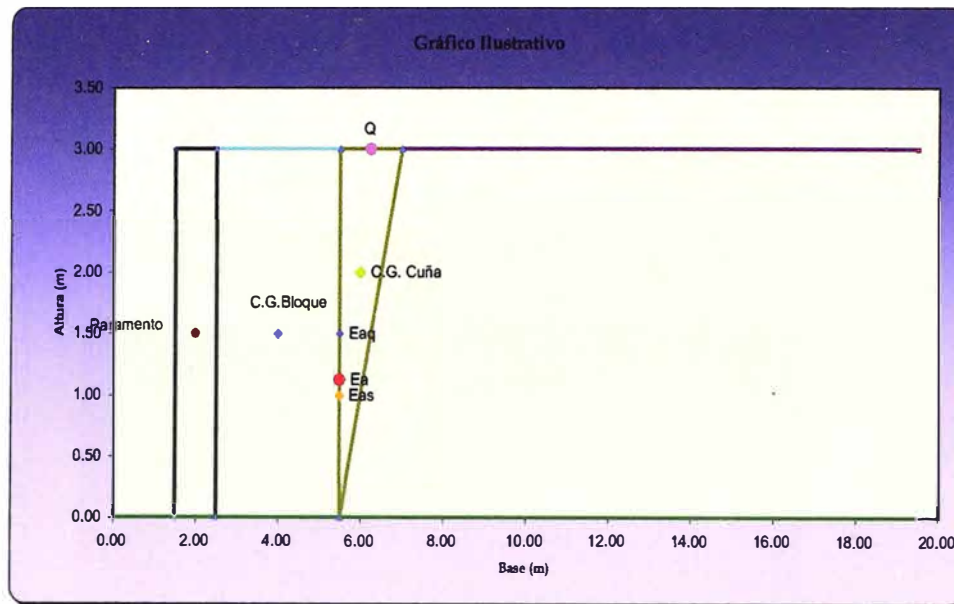
Peso Específico	:	1.97	tn/m ³
Ángulo de Fricción	:	37.00	°
Cohesión	:	2.00	tn/m ²
Carga Actuante	:	1.00	tn/m
Material del Relleno	:	Arena	
Superficie Freática	:	0.00	m
P. Esp. Parte Posterior al Macizo Reforzado	:	1.97	tn/m ³

d) Fundación :

Peso Específico	:	2.69	tn/m ³
Ángulo de Fricción	:	36.00	°
Cohesión	:	31.00	tn/m ²
Carga Máxima Admisible	:	40.00	tn/m ²

e) Parámetros Adicionales :

Malla Tipo	:	10x12	
Resistencia Nominal a la Tracción	:	4.13	tn/m
Factor de Reducción	:	1.30	
Factor de Seguridad Estático	:	1.50	



Datos a Considerar en el Diseño

Paramento		
Terramesh	Altura	
1.00	3.00	m
0.50	0.00	m

Malla		
Tipo	Resistencia	
8x10	5.01	tn/m
10x12	4.13	tn/m

Factor de Reducción	
Mat. Relleno	Factor
Arena	1.30
Limo	1.44
Arcilla	
Grava	

MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

CÁLCULO:

$$E_a = (P + Q) \frac{\text{Sen}(\rho - \varphi)}{\text{Cos}(\alpha + \rho - \delta - \varphi)}$$

$$P = \gamma x \frac{HxBC}{2}$$

$$\rho = \text{arTan} \left[\frac{H}{BC + Hx \text{Tan } \alpha} \right]$$

$\delta = 0.00 \text{ } ^\circ$

$H = 3.00 \text{ m}$

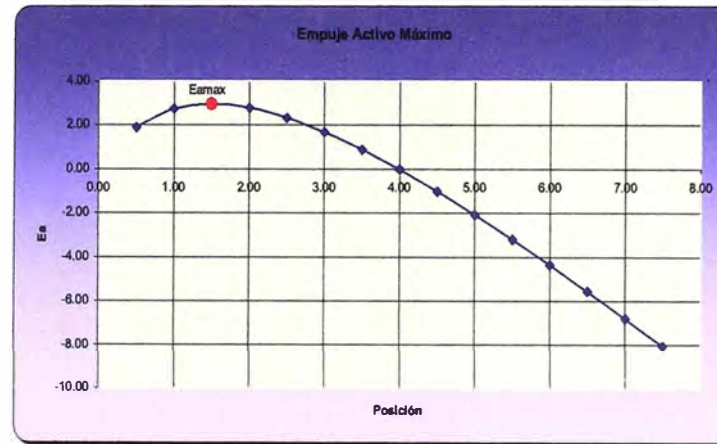
$Hx \text{Tan } \alpha = 0.00 \text{ m}$

Incremento = 0.50 m

Cuña	AB (m)	ρ (grados)	Peso (tn)	Ea (tn/m)
1	0.50	80.54	1.48	1.88
2	1.00	71.57	2.96	2.72
3	1.50	63.43	4.43	2.95
4	2.00	56.31	5.91	2.77
5	2.50	50.19	7.39	2.32
6	3.00	45.00	8.87	1.67
7	3.50	40.60	10.34	0.87
8	4.00	36.87	11.82	-0.04
9	4.50	33.69	13.30	-1.03
10	5.00	30.96	14.78	-2.09
11	5.50	28.61	16.25	-3.21
12	6.00	26.57	17.73	-4.37
13	6.50	24.78	19.21	-5.57
14	7.00	23.20	20.69	-6.80
15	7.50	21.80	22.16	-8.06

VALORES DE LA CUÑA CRÍTICA

Cuña	Ea	Posición	ρ	Peso
3	2.95 tn/m	1.50 m	63.43 °	4.43 tn



MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

Para la determinación del punto de aplicación del E_a , el efecto de la sobrecarga debe de ser separado del efecto del suelo :

$$E_{ax} = Qx \frac{\text{Sen}(\rho_{crit} - \phi)}{\text{Cos}(\alpha + \rho_{crit} - \delta - \phi)}$$

$$E_{ay} = Px \frac{\text{Sen}(\rho_{crit} - \phi)}{\text{Cos}(\alpha + \rho_{crit} - \delta - \phi)}$$

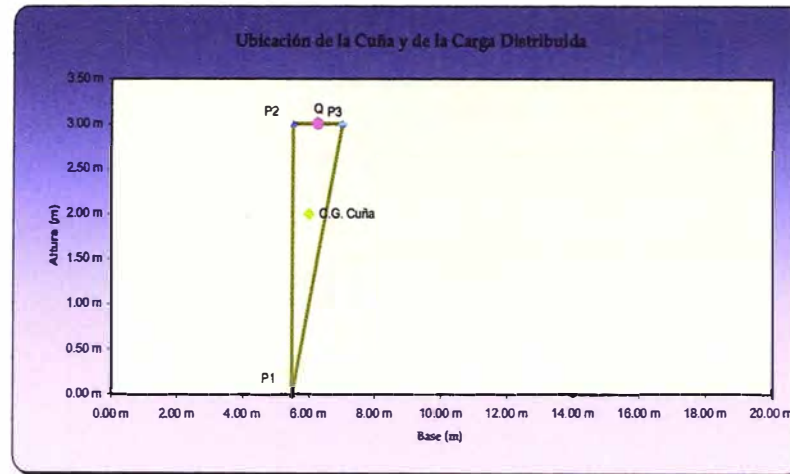
EMPUJE	POSICIÓN	
	X	Y
$E_{aq} = 0.8 \text{ tn/m}$	5.50	50
$E_{as} = 2.20 \text{ tn/m}$	5.50	110

$E_a = 2.95 \text{ tn/m}$	5.50 m	1.13 m
---------------------------	--------	--------

C.G. de la Masa de Suelo(Cuña)		
Pto	X	Y
P1	5.50	0.00
P2	5.50	3.00
P3	7.00	3.00
Pcg	6.00 m	2.00 m

Posición de la Carga Distribuida		
Carga	X	Y
Q	6.25 m	3.00 m

Centro de Gravedad del Paramento Frontal				
Paramento	X	Y	Área	Peso
Pg	2.00 m	50 m	3.00 m ²	5.0 tn



MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

Centro de Gravedad del Macizo Reforzado								Bloque			
Pto	X	Y	Área	X	Y	Área	X	Y	X	Y	Peso
P1	2.50	3.00	A1	3.50	1.00	4.50	4.00	5.00	3.00 m	5.0 m	2.8 tn
P2	2.50	3.00	A2	4.50	2.00	4.50					
P3	5.50	3.00	A3	3.50	3.00	0.00	0	0			0.00 tn
P4	5.50	3.00	A4	4.50	3.00	0.00					
P5	2.50	0.00									
P6	5.50	0.00									

VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD EXTERNA :

1.-Verificación Contra el Deslizamiento:

Sumatoria de las Fuerzas Estabilizantes :

$$\sum F_{est} = T + E_p$$

Sumatoria de las Fuerzas Inestabilizantes :

$$\sum F_{inst} = E_a \times \cos(\delta - \alpha)$$

$$T = N \times \tan \delta'$$

$$N = W + q \times L + E_a \times \sin(\delta - \alpha)$$

Donde:

W=Peso del Bloque (Paramento Frontal + Masa de Suelo Reforzado)

L=Largo del Refuerzo

q=Carga Distribuida

W = 22.83 tn

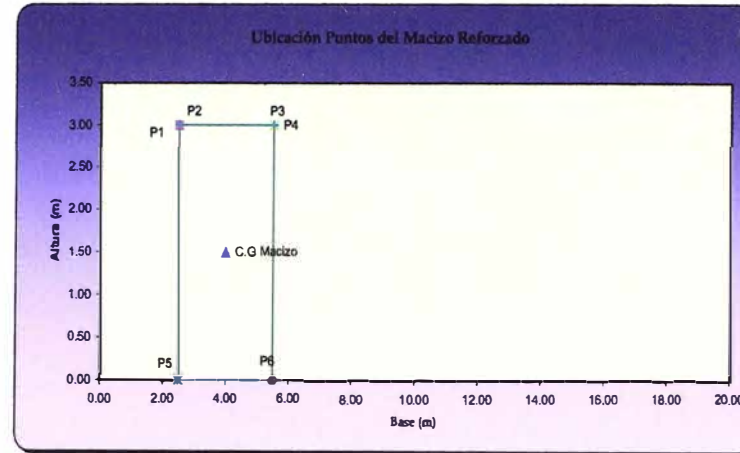
N = 25.83 tn

T = 8.7tn

$$\sum \text{Fuerzas Estabilizantes} = 8.7 \text{tn}$$

$$\sum \text{Fuerzas Inestabilizantes} = 2.95 \text{tn}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 6.36 \quad \text{OK}$$



MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

2.-Verificación Contra el Vuelco:

Sumatoria de Momentos Estabilizantes:

$$\sum M_{est} = P_g x X_g + P_h x X_h + E_a x \text{Sen}(\delta - \alpha) x X_{ea} + q x L x X_q + E_p x Y_p$$

Pg= Peso del Paramento Frontal

Xg= Coord. X del Centro de Gravedad del Paramento Frontal

Pb= Peso del Macizo de Suelo Reforzado

Xb= Coord. X del Centro de Gravedad del Macizo Reforzado

Xea= Coord. X del Punto de Aplicación del Empuje Activo

q= Carga Distribuida

L= Largo del Refuerzo

Xq= Coord. X de la Resultante de la carga distribuida en los refuerzos

Ep= Empuje Pasivo

Yep= Coord. Y del Punto de Aplicación del Empuje Pasivo

Sumatoria de Momentos Inestabilizantes:

$$\sum M_{inest} = E_a x \text{Cos}(\delta - \alpha) x Y_{ea}$$

\sum Momentos Estabilizantes = 54.38 tn/m

\sum Momentos Inestabilizantes = 3.32 tn/m

Factor de Seguridad = 16.37 OK

3.-Presiones en la Fundación:

Calculamos la Excentricidad :

$$e = \frac{B}{2} - \frac{M_{est} - M_{inest}}{N}$$

$$\begin{aligned} Si \rightarrow e < 0 &\Rightarrow B_r = B \\ Si \rightarrow e > 0 &\Rightarrow B_r = B - 2xe \end{aligned}$$

e= 0.02 m

Base Reducida = 3.95 m

Presión Máxima = 6.53 m **Es menor que la Carga Máxima Admisible**

MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

4.-Análisis de Estabilidad Interna:

Resistencia Nominal de la Malla : 4.13 tn/m
 Factor de Reducción : 1.30
 Resistencia de Proyecto : 3.18 tn/m

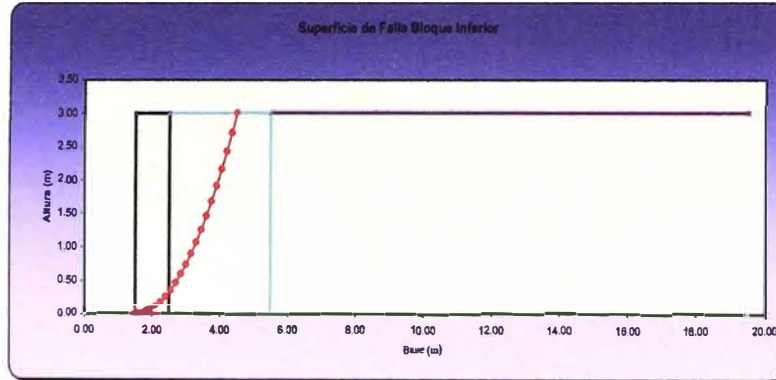
BLOQUE 1:

1.- Método de Fellenius:

$$FS = \frac{cxL + (W \times \cos \alpha - uxL) \tan \phi}{W \times \sin \alpha}$$

Dovela	X	Y	b (m)	α (Grados)	l = b/cos(α)	H(m)	Área(m²)	W=γ*A (ton)	hw(m)	u=γw*hw	c'(tn/m²)	Ø	Carga Q (tn)	Largo de Anclajes (m)	Resistencia de Malla (tn)	Fuerza Estabilizante	Fuerza Inestabilizante	
0	1.50	0.00																
1	1.65	0.01	0.15	2.86	0.15	3.00	0.45	0.89	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.08	0.05	
2	1.80	0.03	0.15	8.53	0.15	3.00	0.45	0.89	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.07	0.15	
3	1.95	0.07	0.15	14.04	0.15	2.98	0.45	0.88	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.06	0.25	
4	2.10	0.12	0.15	19.29	0.16	2.96	0.44	0.87	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.05	0.34	
5	2.25	0.19	0.15	24.23	0.16	2.92	0.44	0.86	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.02	0.42	
6	2.40	0.27	0.15	28.81	0.17	2.87	0.43	0.85	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.00	0.48	
7	2.55	0.37	0.15	33.02	0.18	2.80	0.42	0.83	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.97	0.53	
8	2.70	0.48	0.15	36.87	0.19	2.72	0.41	0.80	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.95	0.57	
9	2.85	0.61	0.15	40.36	0.20	2.62	0.39	0.77	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.92	0.60	
10	3.00	0.75	0.15	43.53	0.21	2.51	0.38	0.74	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.90	0.61	
11	3.15	0.91	0.15	46.40	0.22	2.38	0.36	0.70	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.88	0.62	
12	3.30	1.08	0.15	48.99	0.23	2.24	0.34	0.66	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	2.35	11.38	12.24	0.61	
13	3.45	1.27	0.15	51.34	0.24	2.08	0.31	0.61	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.84	0.60	
14	3.60	1.47	0.15	53.47	0.25	1.91	0.29	0.56	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.82	0.57	
15	3.75	1.69	0.15	55.41	0.26	1.72	0.26	0.51	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.81	0.54	
16	3.90	1.92	0.15	57.17	0.28	1.52	0.23	0.45	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.80	0.50	
17	4.05	2.17	0.15	58.78	0.29	1.30	0.19	0.38	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	1.60	9.81	10.59	0.46	
18	4.20	2.43	0.15	60.26	0.30	1.07	0.16	0.31	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.78	0.40	
19	4.35	2.71	0.15	61.61	0.32	0.82	0.12	0.24	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.77	0.34	
20	4.50	3.00	0.15	62.85	0.33	0.56	0.08	0.16	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.77	0.28	
																Σ	39.33 tn	8.93 tn

Factor de Seguridad Inicial : 4.40



MURO DE SUELO REFORZADO - TERRAMESH

2- Método de Janbu:

$$FS = \frac{\sum bxc - (W - uz)z \tan \phi}{\sum Wx \tan \alpha}$$

$$N(\alpha) = \cos^2 \alpha (1 + \tan \alpha z \frac{\tan \phi}{FS})$$

Duvela	X	Y	b (m)	a (Grados)	H(m)	Área(m²)	W=ρ*A (ton)	hw(m)	u=vw*hw	c'(tn/m²)	Ø	Carga Q (tn)	Largo de Anclaje (m)	Resistencia de Malla (tn)	Primera Iteración			Segunda Iteración			Tercera Iteración		
															N(α)	Fuerza Estabilizante	Fuerza Inestabilizante	N(α)	Fuerza Estabilizante	Fuerza Inestabilizante	N(α)	Fuerza Estabilizante	Fuerza Inestabilizante
0	1.50	0.00													1.01	1.08	0.05	1.01	1.07	0.05	1.01	1.07	0.05
1	1.65	0.01	0.15	2.86	3.00	0.45	0.89	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	1.00	1.08	0.16	1.01	1.07	0.16	1.01	1.07	0.16
2	1.80	0.03	0.15	8.53	3.00	0.45	0.89	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.98	1.09	0.26	0.99	1.08	0.26	0.99	1.08	0.26
3	1.95	0.07	0.15	14.04	2.96	0.45	0.88	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.94	1.12	0.36	0.96	1.11	0.36	0.96	1.11	0.36
4	2.10	0.12	0.15	19.29	2.96	0.44	0.87	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.90	1.15	0.46	0.91	1.14	0.46	0.91	1.14	0.46
5	2.25	0.19	0.15	24.23	2.92	0.44	0.86	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.84	1.19	0.55	0.86	1.18	0.55	0.86	1.17	0.55
6	2.40	0.27	0.15	28.81	2.87	0.43	0.85	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.78	1.24	0.63	0.80	1.22	0.63	0.80	1.22	0.63
7	2.55	0.37	0.15	33.02	2.80	0.42	0.83	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.72	1.29	0.71	0.74	1.27	0.71	0.74	1.26	0.71
8	2.70	0.48	0.15	36.87	2.72	0.41	0.80	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.66	1.35	0.78	0.69	1.31	0.78	0.69	1.31	0.78
9	2.85	0.61	0.15	40.36	2.62	0.39	0.77	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.61	1.40	0.85	0.63	1.36	0.85	0.63	1.36	0.85
10	3.00	0.75	0.15	43.53	2.51	0.38	0.74	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.56	1.45	0.90	0.58	1.40	0.90	0.58	1.40	0.90
11	3.15	0.91	0.15	46.40	2.38	0.36	0.70	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.52	12.86	0.93	0.54	12.82	0.93	0.54	12.81	0.93
12	3.30	1.08	0.15	48.99	2.24	0.34	0.66	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	2.35	11.38	0.47	1.52	0.95	0.49	1.46	0.95	0.50	1.46	0.95
13	3.45	1.27	0.15	51.34	2.08	0.31	0.61	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.44	1.53	0.96	0.46	1.48	0.96	0.46	1.47	0.96
14	3.60	1.47	0.15	53.47	1.91	0.29	0.56	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.40	1.53	0.95	0.42	1.47	0.95	0.42	1.47	0.95
15	3.75	1.69	0.15	55.41	1.72	0.26	0.51	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.37	1.51	0.93	0.39	1.45	0.93	0.39	1.45	0.93
16	3.90	1.92	0.15	57.17	1.52	0.23	0.45	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.34	11.27	0.88	0.36	11.21	0.88	0.36	11.21	0.88
17	4.05	2.17	0.15	58.78	1.30	0.19	0.38	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	1.60	9.81	0.32	1.39	0.81	0.34	1.34	0.81	0.34	1.33	0.81
18	4.20	2.43	0.15	60.26	1.07	0.16	0.31	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.30	1.29	0.72	0.32	1.24	0.72	0.32	1.23	0.72
19	4.35	2.71	0.15	61.61	0.82	0.12	0.24	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	0.28	1.15	0.61	0.29	1.10	0.61	0.30	1.10	0.61
20	4.50	3.00	0.15	62.85	0.56	0.08	0.16	0.00	0.00	2.00	37.00	0.15	0.00	0.00	Σ	47.50 tn	13.46 tn	Σ	46.78 tn	13.46 tn	Σ	46.73 tn	13.46 tn
															FS		3.53	FS		3.48	FS		3.47

Factor de Seguridad Inicial: 3.47 OK

- Además se deberán realizar dos cálculos para cada panel de refuerzo los cuales son:

Resistencia contra la rotura de la malla.

Largo de anclaje de la malla.

El valor de la tensión Ts que actúa sobre el refuerzo en la enésima camada es:

$$T_s = \sigma_x K_a' x \Delta H$$

Si el Paramento Frontal tiene una inclinación menor de 6° se utilizará la sgt fórmula para el cálculo del Ka:

$$K_a' = \frac{C \cos \alpha \cos^2 \alpha - \sqrt{C^2 \cos^2 \alpha - C^2 \sin^2 \alpha}}{C \cos \alpha + \sqrt{C^2 \cos^2 \alpha - C^2 \sin^2 \alpha}}$$

E = Inclinación de la Superficie del Terreno Contenido

Ø = Angulo de Fricción del Relleno Estructural

Si el Paramento Frontal tiene una inclinación mayor de 6° se utilizará la sgt fórmula para el cálculo del Ka:

$$K_a' = \frac{\text{Sen}^2(\theta - \phi')}{\text{Sen} \alpha (\text{Sen} \theta + \text{Sen} \phi')}$$

Ø = Angulo de la inclinación del paramento

Factor de Seguridad contra la Rotura

$$n_{rr} = \frac{C_r}{T_s}$$

Factor de Seguridad contra el Arrancamiento

$$n_{aa} = \frac{C_o}{T_s}$$

Tipo de Suelo del Relleno			
Arcilla	Limo	Arena	Arena Gruesa
0.30	0.50	0.65	0.90

$$C_a = 2 x \sigma_x x L x W x u x \gamma \phi'$$

Ø = Angulo del Relleno Estructural

u = Factor de Interacción entre el Relleno Estructural y el Refuerzo

L = Largo enterrado del refuerzo

W = Ancho del refuerzo

u = 0.65

Zn (m)	ΔH (m)	Ka	Esf. Vertical	T (tn/m)	Nrotura	Lr	Narr
2.00	1	0.25	3.94	0.98	3.24	2.35	9.26
1.00	1	0.25	1.97	0.49	6.49	1.60	6.31

ANEXO IV

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA TERRAMESH

1. DESCRIPCION

Este trabajo consistirá en la construcción de un muro de suelo reforzado, empleando el Sistema Terramesh como refuerzo y se realizará de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

2. MATERIALES.

El Sistema Terramesh cuenta en su conformación con elementos estructurales, los cuales forman a su vez el paramento frontal y el elemento de refuerzo a ser anclado en el suelo. Estos elementos denominados elementos Terramesh System son fabricados a partir de un único paño de malla hexagonal a doble torsión.

2.1. Elemento Terramesh

El elemento es constituido por un paño base que formará la cara superior, la frontal, la base del paramento externo y la cola que cumplirá la función de anclaje.

Las características indispensables que deberá tener el tipo de paño de acero a utilizar para fabricar el elemento Terramesh son las siguientes:

- No ser fácil de destejer o desmallar.
- Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
- Facilidad de colocación.

El paño que conforma el Elemento Terramesh será de malla hexagonal a doble torsión, las torsiones serán obtenidas entrecruzando dos hilos por tres medios giros. De esta manera se impedirá que la malla se desteja por rotura accidental de los alambres que la conforman. La abertura de la malla será de 10 x 12 cm.

El alambre usado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, deberá ser de acero

dulce recocido con carga de rotura media superior a 3,800 Kg/cm² y un estiramiento no inferior al 12%.

El alambre deberá tener un recubrimiento de Zinc 95% / Aluminio 5% + Tierras Raras de acuerdo a la Norma ASTM 856 Mishmetal Alloy Coated Carbon Steel, cuyo espesor y adherencia garantice la durabilidad del revestimiento.

Adicionalmente al recubrimiento con Zinc 95% / Aluminio 5% + Tierras Raras, el alambre usado para la fabricación de la malla tendrá un revestimiento por extrusión con PVC (polivinil cloruro), de manera de garantizar su durabilidad en el tiempo, y que no sea afectado por sustancias químicamente agresivas y corrosiones extremas.

El revestimiento por extrusión con PVC (polivinil cloruro) del alambre será de un espesor mayor o igual a 0.50 mm., de acuerdo a las siguientes especificaciones:

- Peso específico entre 1,300 y 1,350 Kg/m³, de acuerdo con la ASTM D 792-66 (79).
- Dureza entre 50 y 60 shore D, de acuerdo con la ASTM D 2240-75 (ISO 868-1978).
- Pérdida de peso por volatilidad a 105°C por 24 horas no mayor a 2% y a 105°C por 240 horas no mayor a 6%, de acuerdo con la ASTM D 1203-67 (74) (ISO 176-1976) y la ASTM D 2287-78.
- Carga de rotura mayor a 210 Kg/cm², de acuerdo con la ASTM D 412-75.
- Estiramiento mayor que 200% y menor que 280%, de acuerdo con la ASTM D412-75.
- Módulo de elasticidad al 100% de estiramiento mayor que 190 Kg/cm², de acuerdo con la ASTM D 412-75.
- Pérdida de peso por abrasión menor que 190 mg, según la ASTM D 1242-56 (75).

- Temperatura de fragilidad, Cold Bend Temperature, menor que -30°C , de acuerdo con la BS 2782-104 A (1970), y Cold Flex Temperature menor que $+15^{\circ}\text{C}$, de acuerdo con la BS 2782-150 B (1976).

- La máxima penetración de la corrosión desde una extremidad del hilo cortado, deberá ser menor de 25 mm cuando la muestra fuera sumergida por 2,000 horas en una solución con 5% de HCl (ácido clorhídrico 12 Be).

El diámetro del alambre de la malla será de 3.70 mm. para el Elemento Terramesh. El diámetro del alambre de amarre y atirantamiento será de 3.20 mm.

La especificación final para el Elemento Terramesh será:

Abertura de la malla	10 x 12 cm.
Diámetro del alambre de la malla	3.70 mm. (PVC)
Diámetro del alambre de borde	4.40 mm. (PVC)
Recubrimiento del alambre	Zn - 5Al - MM (ASTM 856)
Recubrimiento adicional	PVC

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta vinculación entre los elementos, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tensores. La cantidad estimada de alambre, en relación al peso del gavión, es de 9% para los elementos Terramesh de 1.0 m de altura y de 7% para los de 0.5 m.

2.2. Geotextil

Se colocará un geotextil en la interfase entre el paramento externo y el macizo de suelo reforzado, para evitar que el material fino del relleno se escape a través de las mallas.

El geotextil a utilizar será del tipo no tejido y agujado, fabricado con polipropileno estabilizado. Las especificaciones del geotextil a utilizar, serán las siguientes (valores MARV):

Gramaje	ASTM D5261	200 g/m ²
Resistencia a la Tracción (Grab)	ASTM D4632	780 N
Elongación a la Tracción (Grab)	ASTM D4632	50 %
Resistencia al Desgarre Trapezoidal	ASTM D4533	285 N
Resistencia a la Perforación	ASTM D4833	400 N
Resistencia al Reventado (Mullen)	ASTM D3786	2,135 kPa
Resistencia a los rayos ultravioleta	ASTM D4355	50 % a 500 hrs.
Abertura Aparente de Poros (AOS)	ASTM D4751	0.18 mm
Permisividad	ASTM D4491	1.5 seg ⁻¹

2.3. Material de relleno seleccionado

El material de relleno a ser utilizado en la conformación de la estructura de suelo armado deberá tener las siguientes características:

- Será del tipo considerado en el cálculo.
- Estará libre de materia orgánica y deteriorable.
- No se encontrará en su composición arcillas expansivas.

2.4. Piedra

La piedra para el llenado del paramento del Sistema TERRAMESH será de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afecten su estructura, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas e incrustaciones cuya posterior alteración pudiera afectar la estabilidad de la obra.

El tamaño de la piedra deberá ser lo más regular posible, tal que sus medidas estén comprendidas entre la medida mayor de la malla y el doble de ésta. Podrá aceptarse, como máximo, el 5% del volumen de la celda del paramento con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estará entre 6" y 10" para el Terramesh System

Antes de su colocación en obra, la piedra deberá ser aprobada por el Ingeniero Inspector.

3 EJECUCIÓN.

3.1. Preparación de la fundación

La fundación de la estructura deberá tener un ancho mínimo igual a la longitud de la malla de refuerzo del Sistema TERRAMESH más 0.50 m, o como se indique en planos. Deberá ser nivelada y compactada por los medios apropiados hasta obtener un terreno con la pendiente prevista.

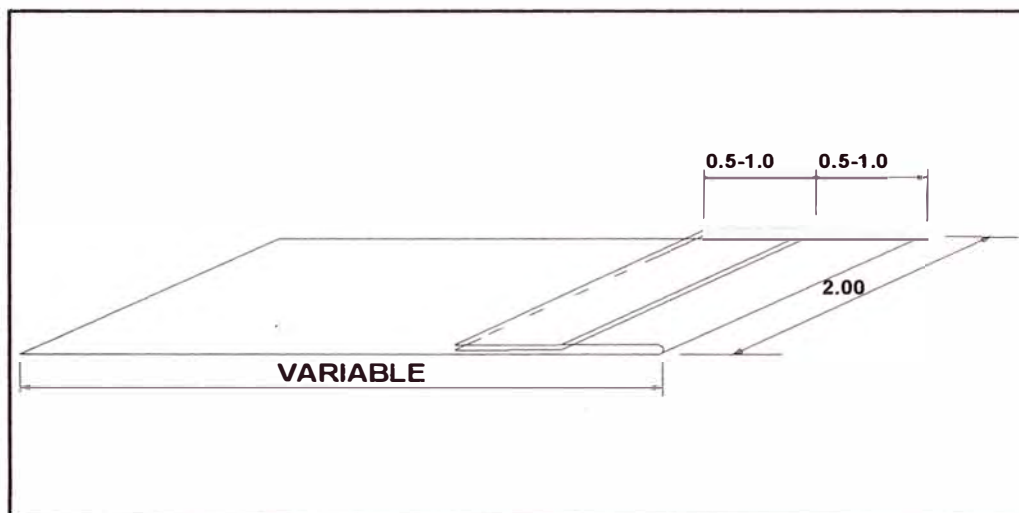
Los niveles de excavación deberán ser verificados por el Ingeniero Inspector, se constatará que el material de asiento sea el adecuado para soportar las cargas a que estará sometido y si el inspector lo cree conveniente, las cotas podrán ser cambiadas hasta encontrar las condiciones adecuadas.

3.2. Construcción de la estructura

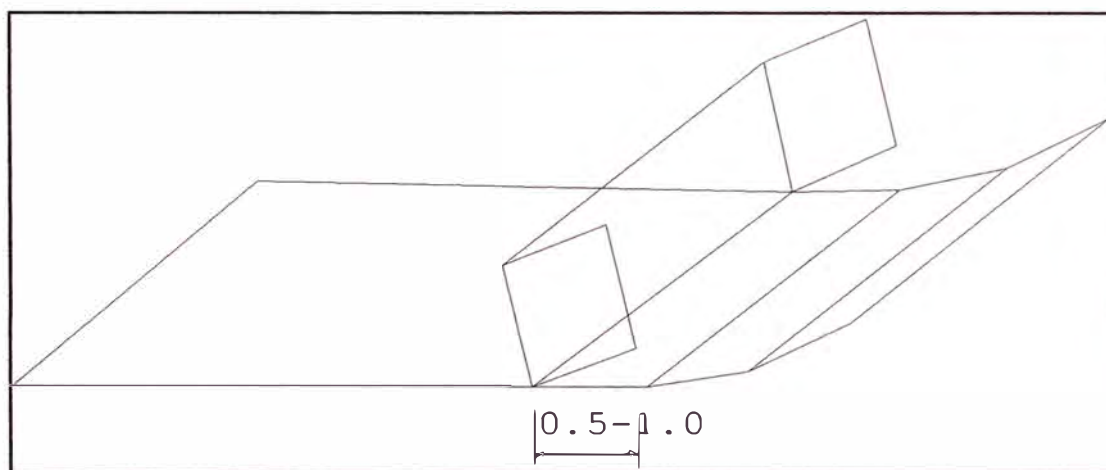
Antes de proceder a la ejecución de las estructuras, el Contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero Inspector, y deberá contar además con la asesoría del representante del sistema de suelo reforzado adoptado.

El paramento externo del muro podrá ser vertical o escalonado, tal como se indique en planos.

Los elementos Terramesh® deberán ser abiertos en una superficie plana de acuerdo con el esquema abajo mostrado:



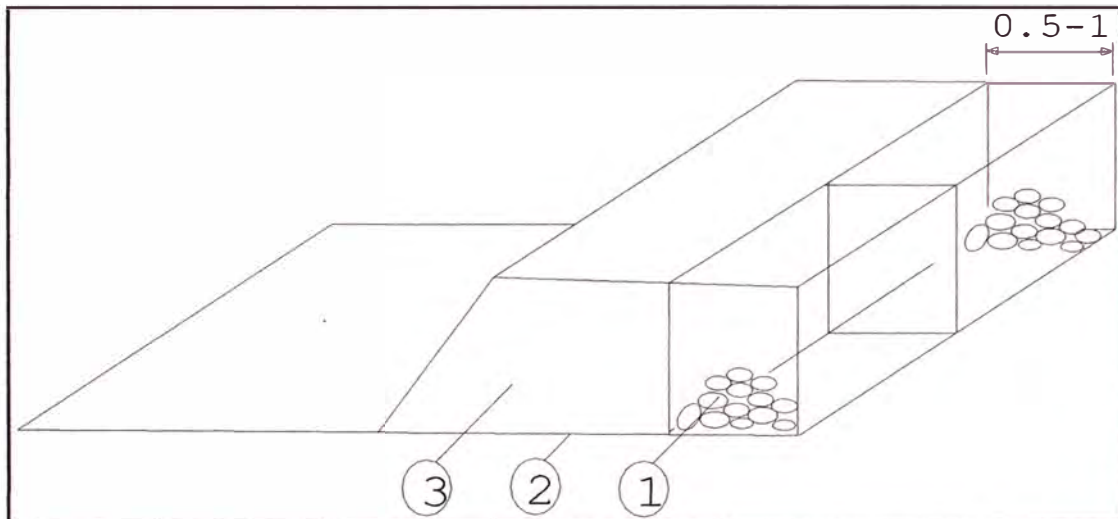
Se colocará los diafragmas, que vienen sueltos dentro de cada elemento, en la posición adecuada con la costura de sus aristas.



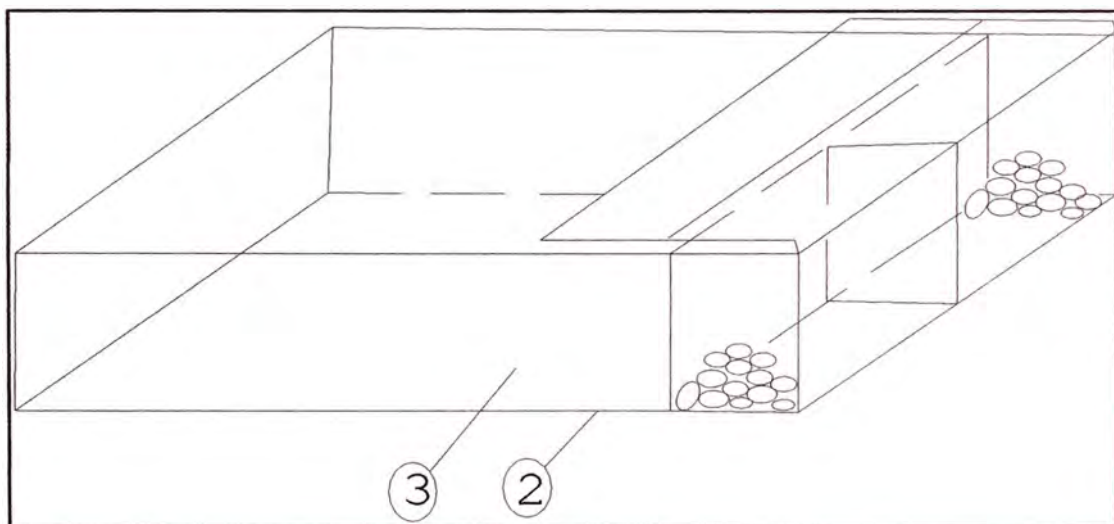
Colocación de los elementos Terramesh® en su posición definitiva, y unión a los elementos adyacentes

Luego se rellenará los elementos con piedras (según las mismas técnicas utilizadas para los gaviones). Después de completar el relleno se procederá a cerrar el elemento bajando la tapa, la que será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales.

Antes de comenzar el relleno se colocará el filtro geotextil.



Una vez concluida la instalación del geotextil, se procederá a la ejecución del relleno seleccionado, completándose así un nivel de la estructura. El siguiente nivel se construirá colocando encima una hilera de elementos vacíos los cuales serán cosidos a los elementos inferiores.



El relleno deberá ser ejecutado en capas cuyo espesor no exceda los 0.30m. Es necesario asegurar que los equipos pesados de compactación no tengan contacto con los refuerzos y no queden a una distancia menor de 1.0m de la cara de la estructura.

La compactación próxima al paramento frontal es obtenida usándose equipos manuales, placas o rollos vibradores.

Generalmente el grado de compactación debe estar dentro de las especificaciones y normas de construcción para este tipo de estructura, se sugiere una compactación que confiera al suelo un peso específico mínimo de 1,80 a 2,0 Ton/m³ con grado de compactación mínimo de 95%.

3.3 Empleo del geotextil

Se recomienda la utilización de filtro geotextil no tejido, para evitar el pasaje de las partículas del suelo a través de las piedras y garantizar que el agua percole por los elementos estructurales eliminando el empuje hidrostático.

El geotextil se colocará de geotextil mediante traslapes de 30 cm, en la dirección transversal al eje de los muros.

El corte de los paños de geotextil se realizará empleando indistintamente tijeras o cuchillos. Las rasgaduras o agujeros que pudieran producirse por el manipuleo o la colocación serán recubiertas con un pedazo de geotextil con dimensiones de 50 cm mayores que el contorno de la rasgadura o agujero, el cual podrá ser pegado con cola o cosido manualmente con hilo de nylon.

Una vez concluida la instalación del geotextil, se procederá a la ejecución del relleno seleccionado.

4 MÉTODO DE MEDICION.

Las obras con Elementos Terramesh se medirán por unidad de Elemento Terramesh ejecutado, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

5 CERTIFICACIÓN DEL FABRICANTE

Para asegurar la calidad de la materia prima, los procesos del fabricante y el producto final, se deberá exigir que el proveedor, así como el fabricante de los Elementos Terramesh a instalarse, posean la Certificación ISO 9001:2000

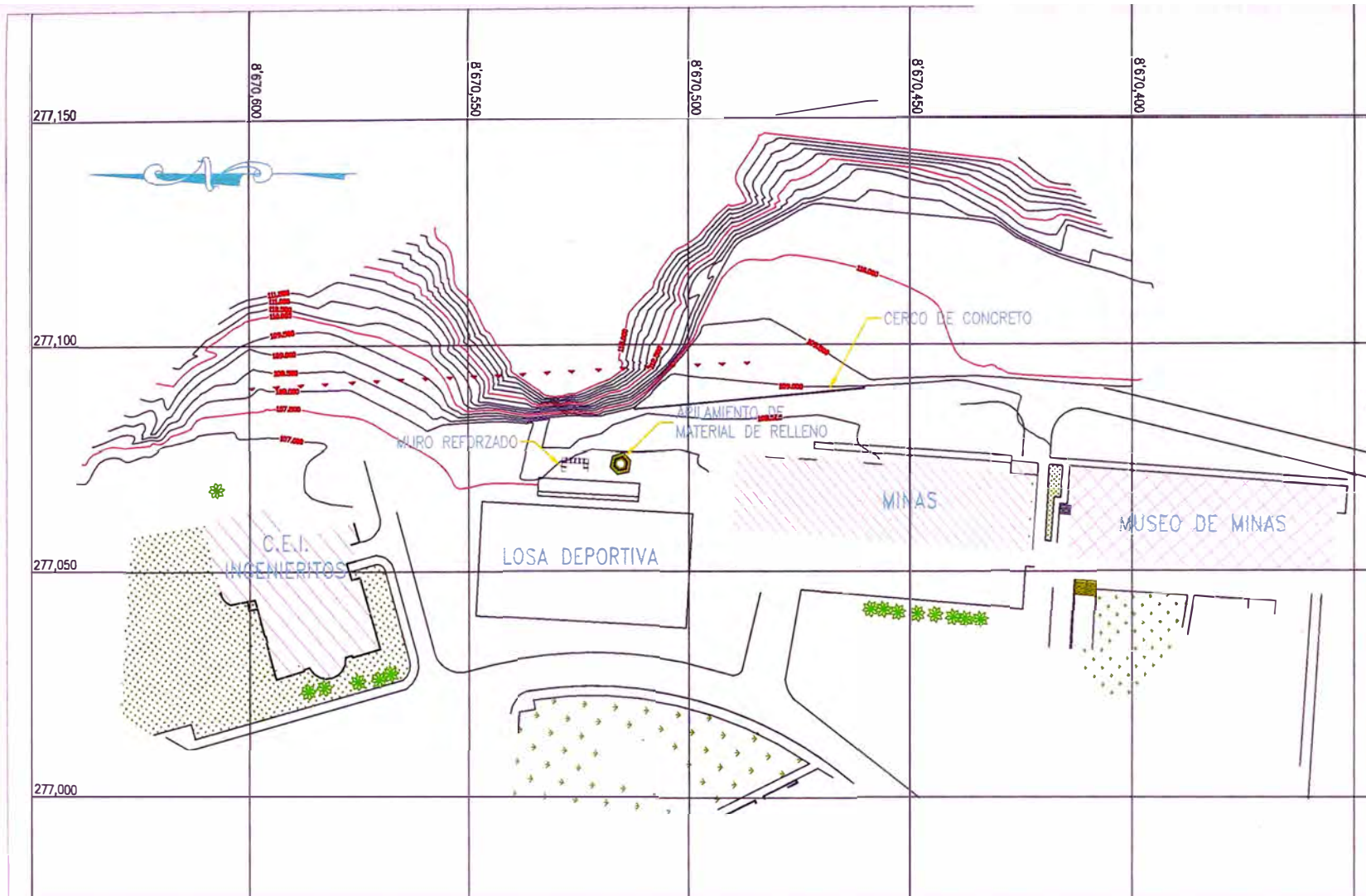
Los materiales despachados a obra serán acompañados por un Certificado de Calidad original del fabricante.

6 BASES DE PAGO.

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el Ingeniero Inspector, será pagado sobre la base del precio unitario del contrato por unidad. Dicho pago constituirá la completa compensación para la mano de obra, materiales, equipos, herramientas, implementos y todo concepto necesario para la correcta ejecución de la partida.

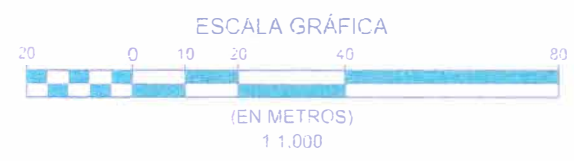
ANEXO V

PLANOS DEL PROYECTO

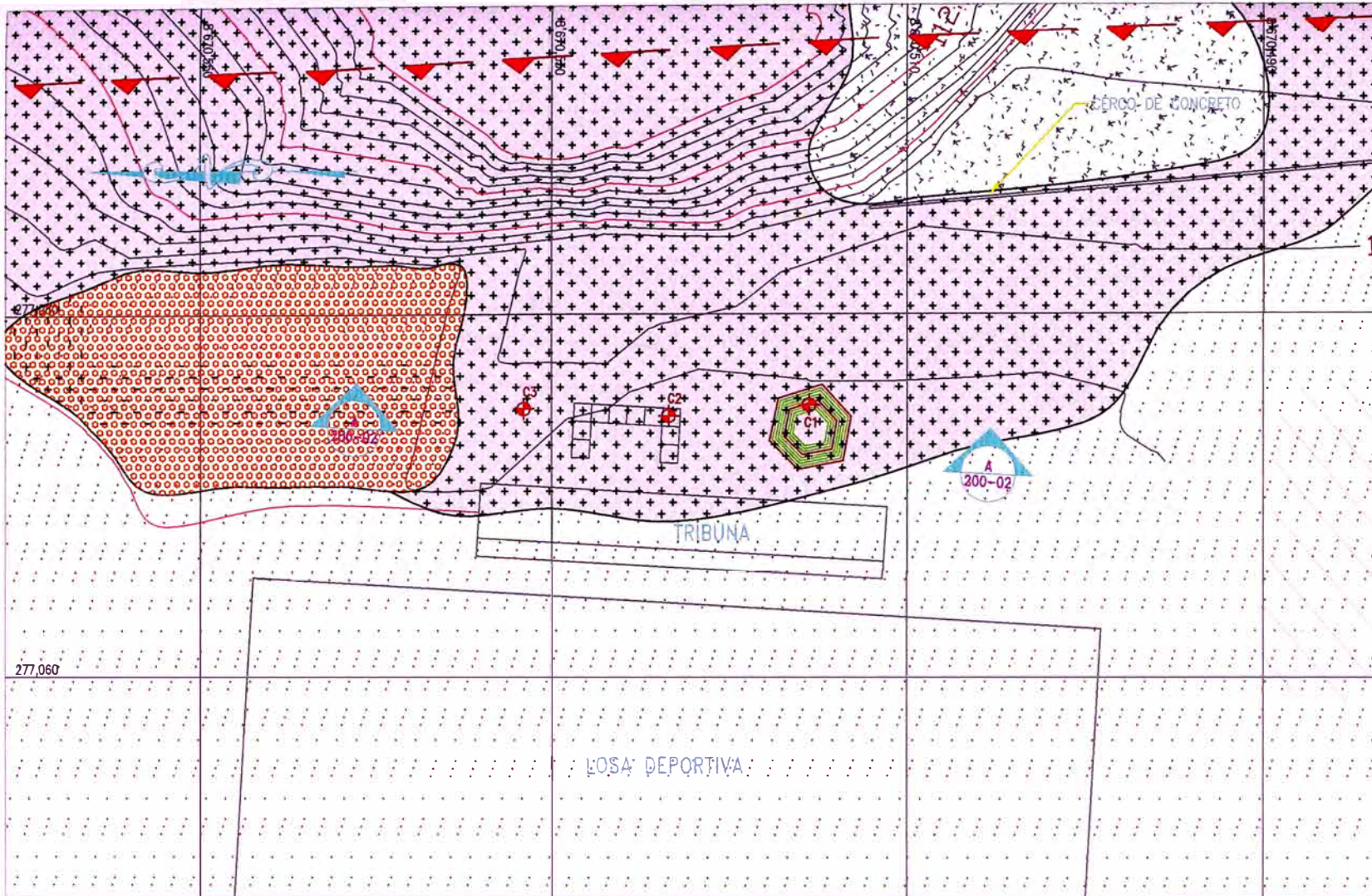


LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL DGT, PND FASE 1 Y PDBAS	
CURVAS DE NIVEL DEL APILAMIENTO DE MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL	
ESTRUCTURAS EXISTENTES	
AREAS VERDES (JARDINES)	

- NOTAS**
- LA TOPOGRAFIA DE LA ZONA DE TRABAJO FUE PROPORCIONADA POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
 - LAS ESCALAS SE MOSTRAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.
 - TODAS LAS DIMENSIONES MOSTRADAS SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.



31/03/2009	PROYECTO
10/05	PROYECTO
20/05	PROYECTO
10/06	PROYECTO
01/07	PROYECTO



LEYENDA

CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL PISO PASO 1 Y FONDOS	
CURVAS DE NIVEL DEL APILAMIENTO DE MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL	
ESTRUCTURAS EXISTENTES	
CALICATA	
DEPOSITO ALUVIAL	
LLECHO POCOSOS (FORMACION K-M)	
DEPOSITOS DE RELAVES MINEROS	
DEPOSITO ALUVIAL	
DRENEO/DESCARREGUE	

CUADRO DE COORDENADAS

CALICATA	NORTE	ESTE
C1	4 374 543	277 070
C2	4 374 514	277 074
C3	4 374 518	277 074

- NOTAS:**
1. TODO MATERIAL MANEJADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCION SERA REMOVIDO, DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO POR EL INGENIERO DE OCA.
 2. TODO RELLENO DEBERA SER COLOCADO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS.
 3. LAS LOSAS SE MOSTRAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.
 4. TODAS LAS DIMENSIONES MOSTRADAS SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

ESCALA GRAFICA



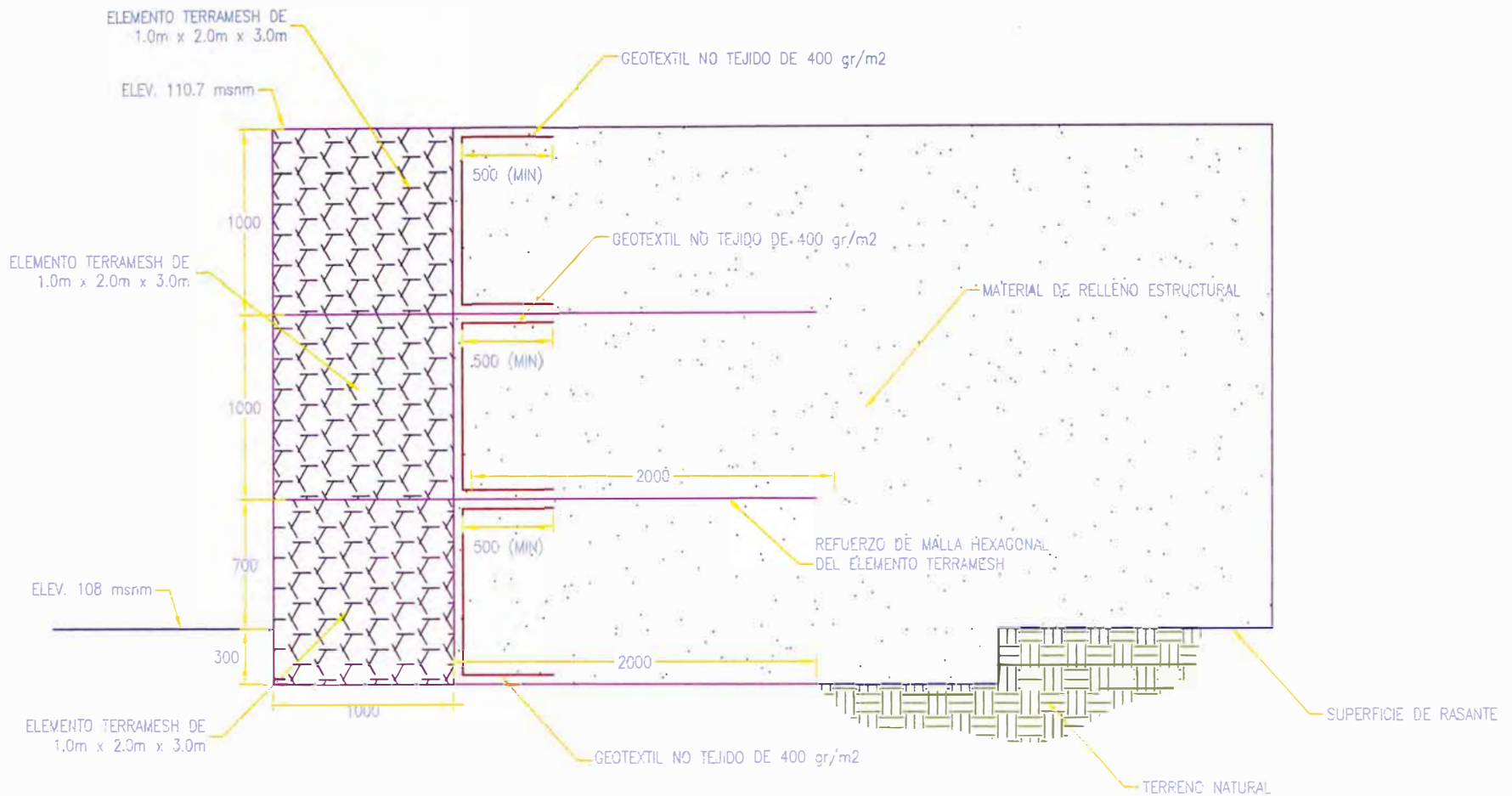
(EN METROS)
1 250

31/09/2007
YMB
JMS
JMB
DPM

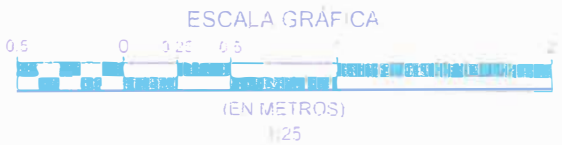
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

200-01

MURO DE SUELO REFORZADO
EXPLORACIONES GEOTECNICAS DE CAMPO



A SECCION TIPICA DE MURO REFORZADO
300-01 ESCALA: 1/25



- NOTAS:**
1. TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCION DEL MURO, TALES COMO ELEMENTOS TERRAMESH, GEOTEXTIL Y ALAMBRES DE AMARRA, DEBERAN SER FABRICADOS POR UN UNICO FABRICANTE Y PROPORCIONADOS POR UN SOLO PROVEEDOR.
 2. EL MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL DEBERA SER DECIDIDO DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS.
 3. LAS ESCALAS SE MOSTRAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A3.
 4. TODAS LAS DIMENSIONES MOSTRADAS SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

310/2002	
VVO	
MMS	
MMS	
DPH	

ANEXO VI

PRESUPUESTO DE OBRA

PRESUPUESTO REFERENCIAL

Obra: **Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh**

Fecha: **Abr-07**

Cliente: **Universidad Nacional de Ingeniería**

Tipo de Cambio: **3.18**

Ubicación: **Lima**

Ítem	Descripción	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial (S/.)	Subtotal (S/.)	Total (S/.)
1.00	<u>Obras Preliminares</u>					<u>300.50</u>	
1.01	Limpieza de terreno y nivelacion	m2	32.00	2.95	94.40		
1.02	Recoleccion y acopio de Piedra	m3	30.00	6.87	206.10		
2.00	<u>Movimiento de tierras</u>					<u>3,829.18</u>	
2.01	Relleno masivo con Plancha Vibratoria	m3	62.64	61.13	3,829.18		
3.00	<u>Terramesh System</u>					<u>5,189.16</u>	
3.01	Instalacion de Elemento Terramesh 1.0 x 1.0 x 3.0 m., malla 10x12, diám. 3.7 mm	und	15.00	310.36	4,655.40		
3.02	Instalacion filtro geotextil Mactex MT400 en Terramesh System	m2	48.00	11.12	533.76		
4.00	<u>Control de Calidad</u>					<u>2,386.00</u>	
4.01	Ensayos de Laboratorio	glb	1.00	2,386.00	2,386.00		
COSTO DIRECTO (S/.)							11,704.84

OBRA: Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh

PROPIETARIO: Universidad Nacional de Ingeniería

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
1.01	Limpieza de terreno y nivelacion

FECHA	UNIDAD	RENDIMIENTO/día	TOTAL (S./ UNIDAD)
Abr-07	m2	21.33	2.95

1.- MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Capataz	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Operario	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Oficial	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Peón	hh	2.00	0.7501	3.75	2.81

Precio Unitario Mano de Obra (S./) 2.81

2.- MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
					0.00

Precio Unitario Materiales (S./) 0.00

3.- EQUIPOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Herramientas	%		5%	2.81	0.14

Precio Unitario Equipos (S./) 0.14

OBSERVACIÓN:
Tipo de cambio: S/. 3.18

OBRA: Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh

PROPIETARIO: Universidad Nacional de Ingeniería

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
1.02	Recolección y acople de Piedra

FECHA	UNIDAD	RENDIMIENTO/día	TOTAL (S./ UNIDAD)
Abr-07	m3	9.00	6.87

1.- MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Capataz	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Operario	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Oficial	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Peón	hh	2.00	1.7778	3.75	6.67

Precio Unitario Mano de Obra (S./) 6.67

2.- MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
						0.00

Precio Unitario Materiales (S./) 0.00

3.- EQUIPOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Herramientas	%		3%	6.67	0.20

Precio Unitario Equipos (S./) 0.20

OBSERVACIÓN:
Tipo de cambio: S/. 3.18

OBRA: Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh

PROPIETARIO: Universidad Nacional de Ingeniería

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
2.01	Relleno masivo con Plancha Vibratoria

FECHA	UNIDAD	RENDIMIENTO/día	TOTAL (S./ UNIDAD)
Abr-07	m3	26.56	61.13

1.- MANO DE OBRA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Capataz	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Operario	hh	0.10	0.0301	6.25	0.19
	Oficial	hh	0.00	0.0000	0.00	0.00
	Peón	hh	3.00	0.9036	3.75	3.39

Precio Unitario Mano de Obra (S./) 3.58

2.- MATERIALES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Agua	glb	1.00	30.00	30.00
	Material de relleno seleccionado	m3	1.20	18.00	21.60

Precio Unitario Materiales (S./) 51.60

3.- EQUIPOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Herramientas	%		5%	3.58	0.18
	Compactador vib. Tipo Plancha 4 HP	hm	1.00	0.3012	19.15	5.77

Precio Unitario Equipos (S./) 5.95

OBSERVACIÓN:
Tipo de cambio: S/. 3.18

OBA: Muro de Suelo Reforzado con Sistema Terramesh

PROPIETARIO: Universidad Nacional de Ingeniería

PARTIDA	DESCRIPCIÓN:
4.01	Ensayos de Laboratorio

FECHA	UNIDAD	TOTAL (S./ UNIDAD)
Abr-07	glb	2,386.0

1.- Excavacion de Calicatas

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Exploracion de calicatas	und	3.00	22.00	66.00

Precio Excavacion de Calicatas (S./) 66.00

2.- Ensayos al material para relleno

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Analisis de granulometria por via humeda Metodo ASTM D-422 o AASHTO T-88	und	1.00	80.00	80.00
	Determinacion del Limite Liquido Metodo ASTM D-423 o AASHTO T-89, D4318-93	und	1.00	15.00	15.00
	Determinacion del Limite Plastico Metodo ASTM D-424 o AASHTO T-90	und	1.00	15.00	15.00
	Compactacion y Densidad de Suelos (Standart) ASTM C-698 o AASHTO T-99	und	1.00	50.00	50.00
	Triaxial (CU)	und	1.00	1,500.00	1,500.00
	Peso Especifico, Metodo ASTM D-854	und	1.00	25.00	25.00

Precio Ensayos a Material para Relleno (S./) 1,685.00

3.- Ensayos de Control de Compactacion

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Densidad de Campo ASTM D-1556	und	20.00	25.00	500.00

Precio Ensayos Control de Compactacion (S./) 500.00

4.- Ensayos Varios

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
	Ensayos para piedras del gabion	glb	1.00	12.00	12.00
	Estudio geologico de la roca	glb	1.00	23.00	23.00
	Ensayos a material de Cimentacion	glb	1.00	100.00	100.00

Precio Ensayos Varios (S./) 135.00

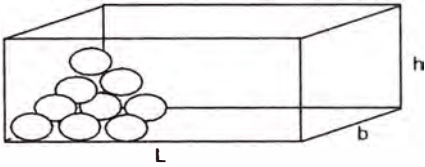
OBSERVACIÓN:
Tipo de cambio: S/. 3.18

HOJA DE METRADOS

Item: 1.01
 Descripción: Limpieza de terreno y nivelacion

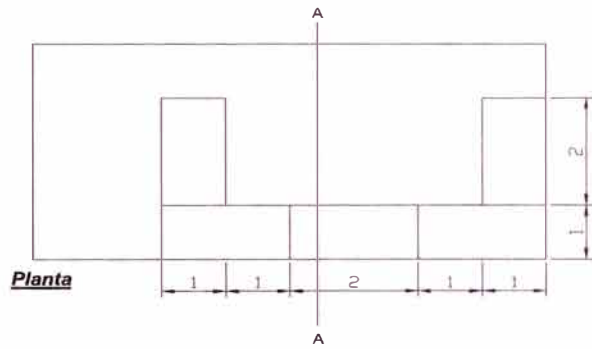
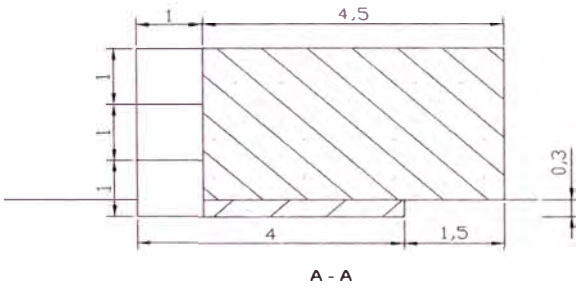
Nro	Largo (m)	Ancho (m)	Area (m2)
1	8	4	32

Item: 1.02
 Descripción: Recoleccion y acopio de Piedra



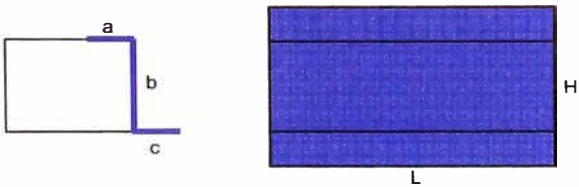
Dimensiones del Elemento Terramesh				# de Elementos Terramesh	Vol. Total (m3)
L (m)	b (m)	h (m)	Vol. (m3)		
2	1	1	2	15	30

Item: 2.01
 Descripción: Relleno masivo con Plancha Vibratoria



Nro	Fig.	Base 1 (m)	Altura (m)	Area (m2)	Longitud (m)	Vol. (m3)	Esp. (%)	Vol. (m3)
A1		3.00	0.30	0.90	4	3.60	20%	4.32
A3		4.50	2.70	12.15	4	48.60	20%	58.32
Total =								62.64

Item: 3.02
 Descripción: Instalacion filtro geotextil Mactex MT400 en Terramesh System



Area de geotextil para un elemento Terramesh						# de Elementos Terramesh	Area Total (m2)
a (m)	b (m)	c (m)	H (m)	L (m)	Area (m2)		
0.5	1	0.5	2	2	4	12	48

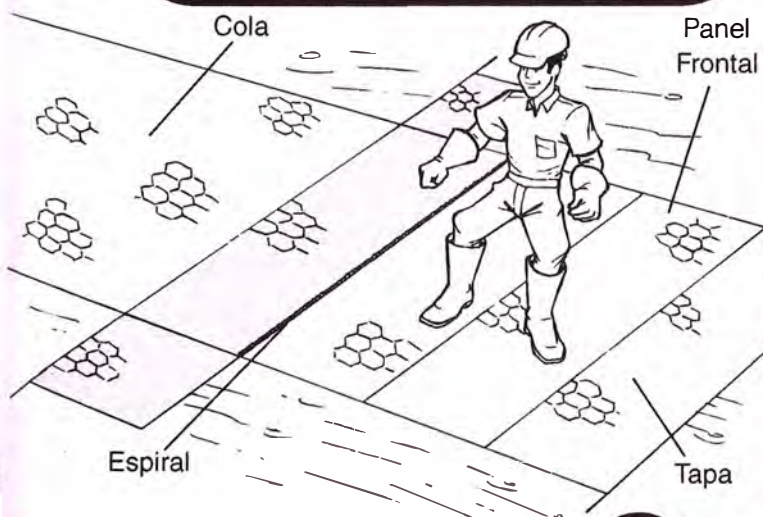
ANEXO VII

GUIA DE INSTALACION DE TERRAMESH SYSTEM

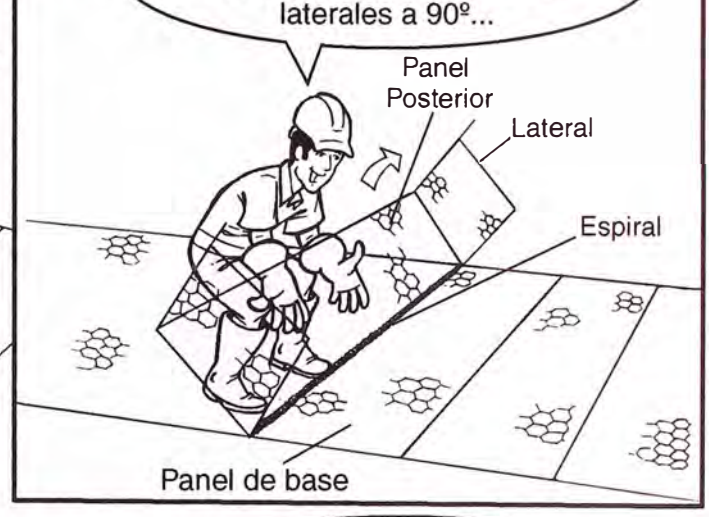
Como colocar el Terramesh® System

MACCAFERRI

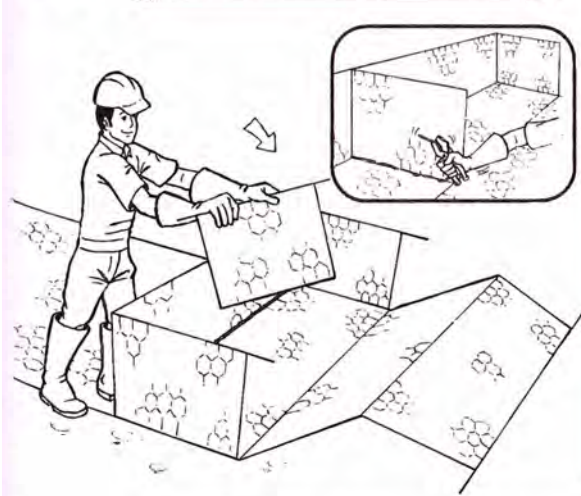
1 Desdoble los elementos Terramesh® System sobre una superficie rígida y plana, eliminando las eventuales irregularidades.



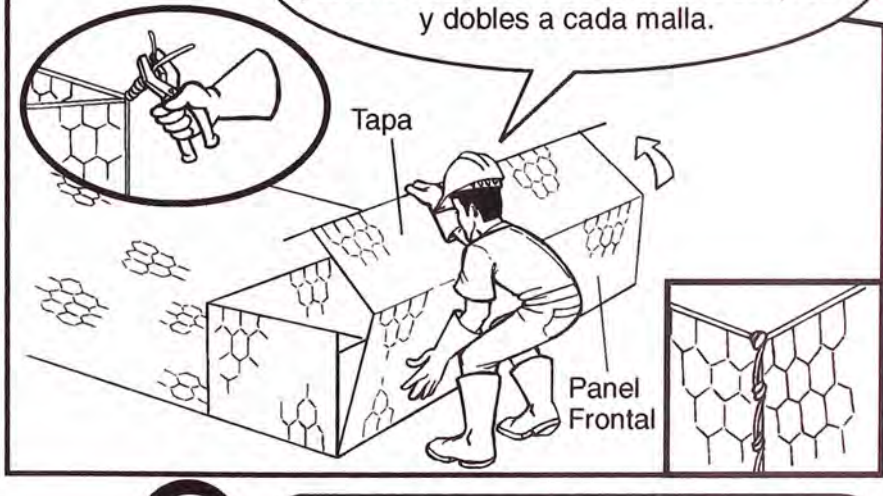
2 Levante verticalmente el panel posterior y doble las laterales a 90°...



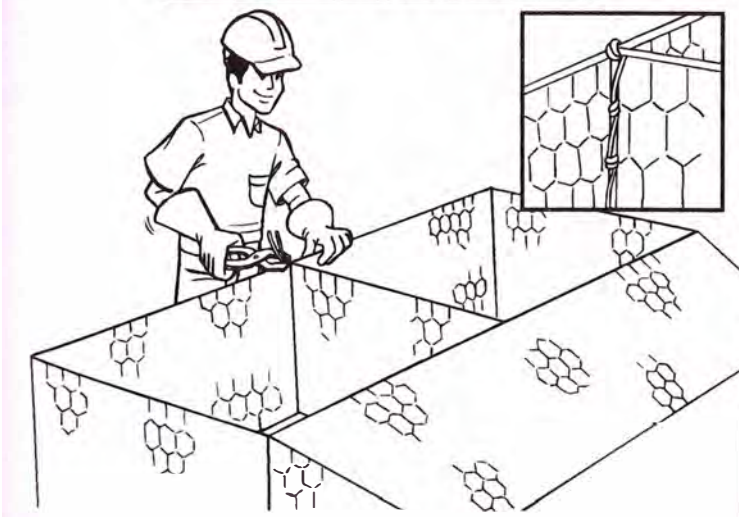
3 Posicione el diafragma en el elemento y amarre a los paneles de base y posterior.



4 Levante el Panel frontal y la tapa. Costure las laterales al paño de base y al panel frontal, alternando vueltas simples y dobles a cada malla.



5 Costure el diafragma de la misma forma que los paneles.

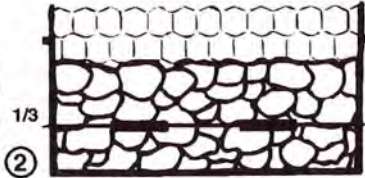


6 Posicione cada elemento en su local definitivo. Amarre los elementos entre si a lo largo de todas las aristas en contacto.

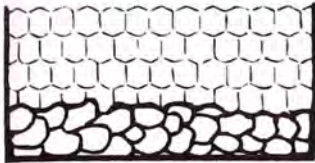


OBS: el terreno deberá ser previamente regularizado y nivelado.

Llene en 3 etapas.



Coloque los tirantes y llene hasta 2/3 de la capacidad total



Llene hasta 1/3 de la capacidad total



Coloque nuevamente los tirantes y acabe de llenar hasta 3 a 5cm por arriba de la altura del elemento

8



RECUERDE

No llene un elemento sin que el siguiente esté parcialmente llenado.

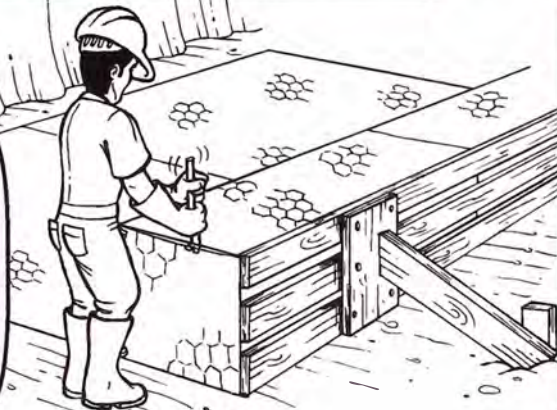
IMPORTANTE

En el Terramesh® de 0,50m de altura haga el relleno en 2 etapas.

9

Doble la tapa y amárrela con el mismo tipo de costura.

Para obtener un buen acabado de paramento frontal, utilice un encofrado de madera.



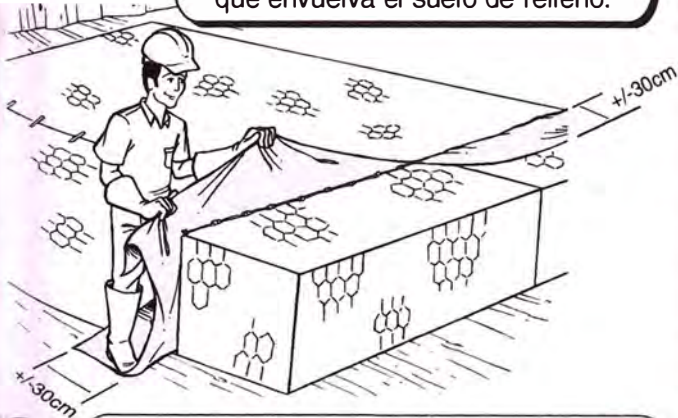
10

Para facilitar el lanzamiento del relleno, fije las colas con algunas grapas.



11

El filtro geotextil junto al panel posterior de la caja. El filtro debe ser mayor que el panel para permitir que envuelva el suelo de relleno.



12

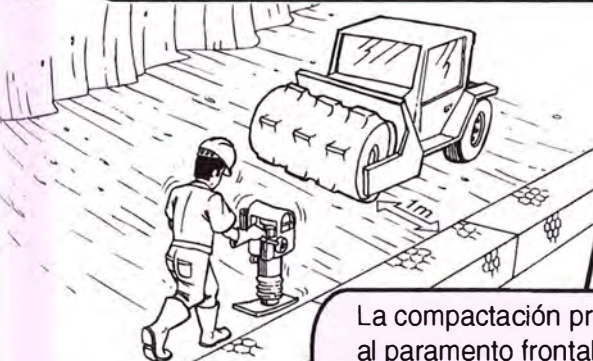
Proceda con el relleno.

El relleno debe ser compactado en capas de 20 a 30cm.



13

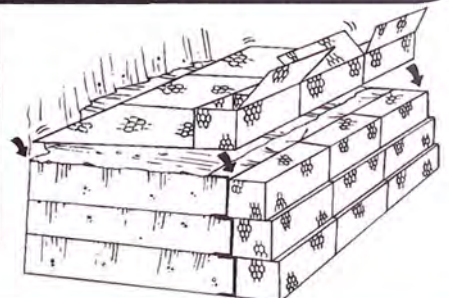
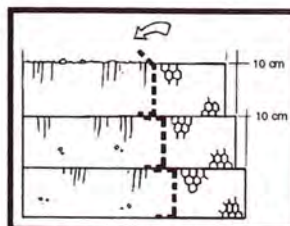
Los equipos pesados de compactación deben mantener una distancia mínima de un metro del paramento frontal.



La compactación próxima al paramento frontal debe ser hecha manualmente o con equipos livianos.

14

Doble el geotextil sobre el terreno compactado y repita todas las operaciones para las capas siguientes.



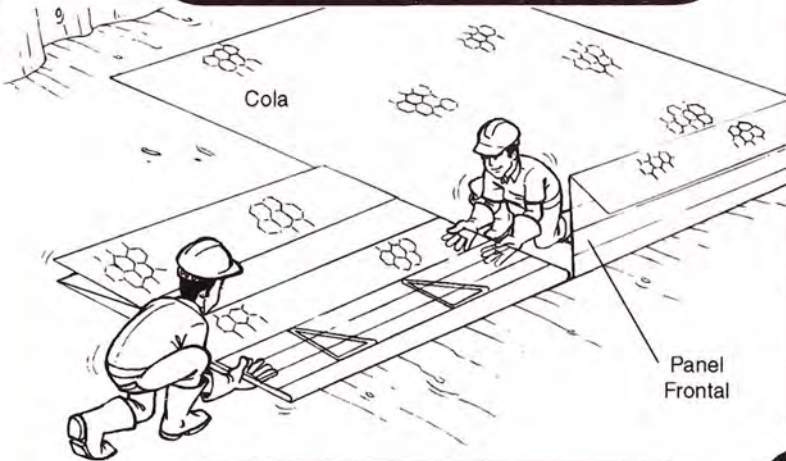
OBS: Amarre los elementos de la capa superior a los elementos de la capa inferior a lo largo de todas las aristas en contacto.

ANEXO VIII

GUIA DE INSTALACION DE TERRAMESH VERDE

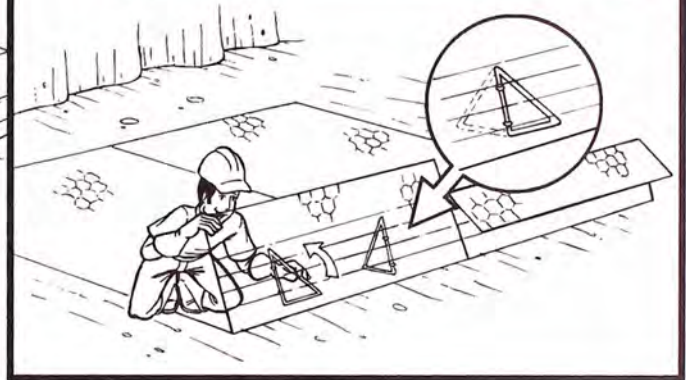
1

Con el terreno previamente nivelado y regularizado, posicione cada elemento Terramesh® Verde en el local definitivo.



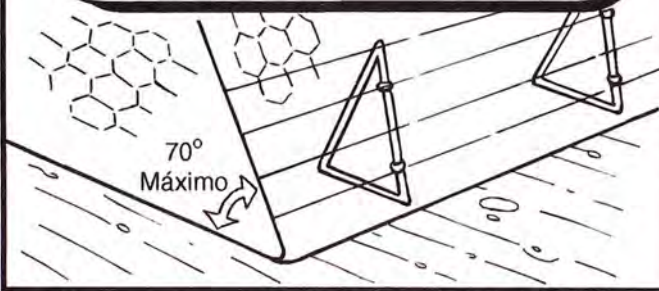
2

Arme el elemento posicionando los triángulos de soporte perpendicularmente al panel frontal. Fije con alambre los triángulos en la cola.



3

El ángulo del paramento frontal del elemento y, por lo tanto, de la estructura, es dado por los triángulos de soporte.



4

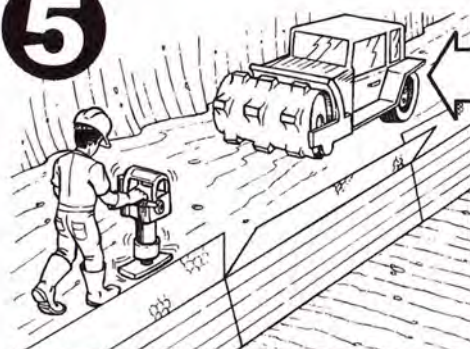
Amarre los paneles frontales entre si, alternando vueltas simples y dobles a cada malla.



Prosiga con el relleno.

5

Los equipos pesados de compactación deben mantener una distancia mínima de metro del paramento frontal.



El relleno debe ser compactado en capas de aproximadamente 20cm.

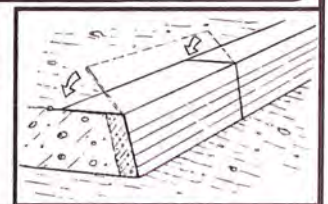


6

La compactación próxima al paramento frontal debe ser hecha manualmente o con equipos livianos.



Finalizada la compactación, doble el panel superior dejándolo en la posición horizontal.



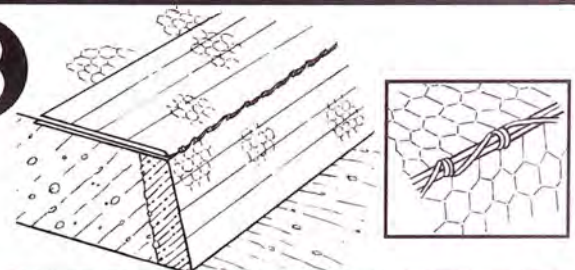
7

Para instalar los elementos de las capas superiores, repita los pasos del 1 al 6.



8

Amarre los elementos de la camada superior a aquellos de la camada inferior a lo largo de las aristas en contacto.



ANEXO IX

PANEL FOTOGRAFICO



Foto 1 – Zona del proyecto



Foto 2 - Calicata C-2, se aprecia el macizo rocoso en la cimentación de la zona del proyecto



Foto 3 – Macizo rocoso



Foto 4 – Evaluación del macizo rocoso.



Foto 5 – Limpieza y nivelación del área de trabajo.



Foto 6 – Piedras para el relleno de las cajas de gavión.



Foto 7 – Fardo de elemento terramesh

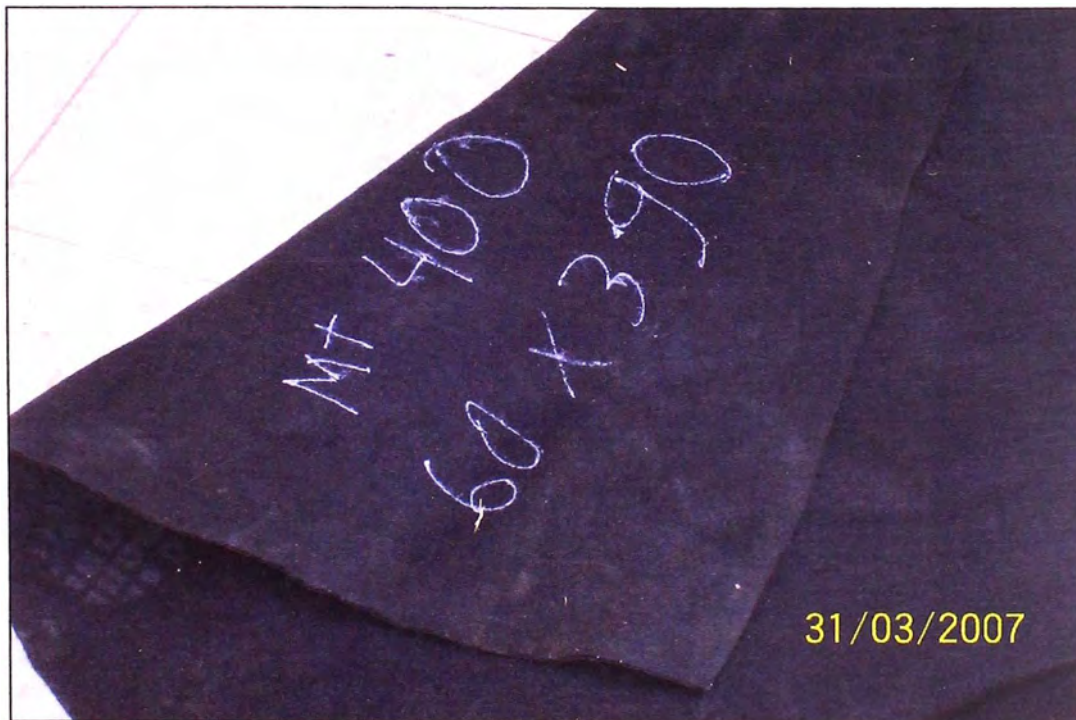


Foto 8 – Geotextil no tejido



Foto 9 – Material de afirmado para el relleno estructural



Foto 10 – Montaje de los elementos terramesh



Foto 11 – Montaje de los elementos terramesh



Foto 12 – Montaje de los elementos terramesh



Foto 13 –Conformación de primera hilada de los elementos terramesh



Foto 14 –Colocación de piedras en las cajas de gavión



Foto 15 –Colocación de piedras en las cajas de gavión



Foto 16 –Colocación de piedras en las cajas de gavión

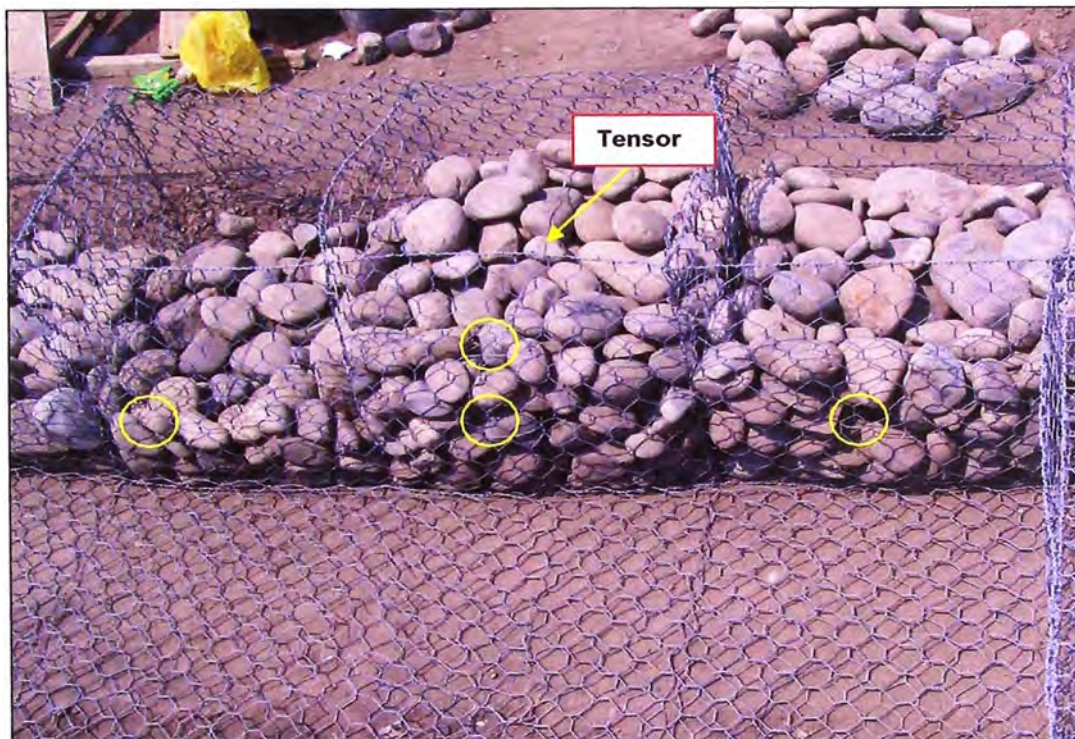


Foto 17 –Colocación de tensores en cajas de gavión.



Foto 18 –Llenado de cajas de gavión.



Foto 19 –Cajas de gavión llenas.



Foto 20 – Colocación de geotextil no tejido.



Foto 21 – Compactación del relleno estructural.



Foto 22 – Ensayo de densidad de campo.



Foto 23 – Compactación del relleno estructural.



Foto 24 – Doble en borde superior de geotextil no tejido.



Foto 25 – Ultimo nivel de compactación.



Foto 26 – Fin de la compactación.



Foto 27 – Ensayo de densidad de campo.



Foto 28 – Ensayo de densidad de campo.



Foto 29 – Modelo experimental de muro terramesh finalizado.



Foto 30 – Modelo experimental de muro terramesh finalizado.