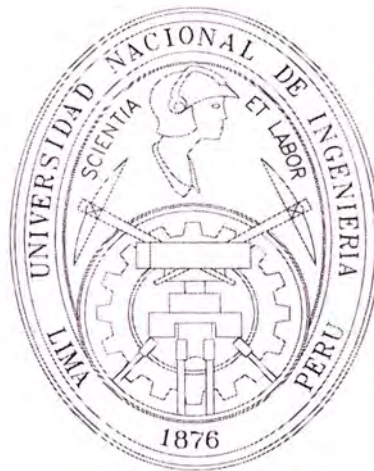


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Civil



APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VIAS AFIRMADAS
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONOMICA

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de :

INGENIERO CIVIL

LUIS PAOLO HERRERA ALEJOS

Lima - Perú

2007

INDICE

INDICE	i
RESUMEN.....	ii
LISTA DE CUADROS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
INTRODUCCIÓN	v
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	vii
CAPITULO 1 : ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA VIAS AFIRMADAS.....	01
1.1 Diseño de Pavimento Sin Refuerzo a Nivel de Afirmado	02
1.2 Diseño de Reforzamiento con Geomalla a Nivel de Subrasante	04
CAPITULO 2 : ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS ALTERNATIVAS	09
2.1 Definición y justificación de criterios técnicos de análisis	09
2.1.1 Experiencia en la construcción.....	09
2.1.2 Dificultad de ejecución	09
2.1.3 Disponibilidad de equipos	10
2.1.4 Tiempo de ejecución	10
2.1.5 Mantenimiento de via afirmada	11
2.1.6 Control de calidad	11
2.2 Evaluación técnica de las alternativas	12
CAPITULO 3 : ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS	16
3.1 Medición y Valoración Económica de las Alternativas	16
3.2 Comparativo económico de alternativas.....	18
CAPITULO 4 : MATRIZ DE DECISIÓN	19
4.1 Definición de pesos para cada criterio de evaluación	19
4.1.1 Experiencia en la construcción	19
4.1.2 Dificultad de ejecución	19
4.1.3 Disponibilidad de equipos	20
4.1.4 Tiempo de ejecución	20
4.1.5 Mantenimiento periódico de la vía	20
4.1.6 Control de calidad	20
4.1.7 Costo de ejecución	20

4.2 Matriz de Decisión	21
4.3 Toma de Decisión	21
CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES	23
BIBLIOGRAFÍA	24
ANEXOS:	
ANEXO 01 : Presupuesto de la Alternativa 01	
Diseño Tradicional de Vías Afirmadas	25
ANEXO 02 : Presupuesto de la Alternativa 02	
Aplicación de Geomallas en Vías Afirmadas.....	26
ANEXO 03 : Análisis de Precios Unitarios.....	27
ANEXO 04 : Planos.....	30

RESUMEN

El presente informe de suficiencia pretende analizar mediante una matriz de decisiones si la alternativa de aplicación de geomallas en vías afirmadas es técnica y económicamente más viable respecto a una alternativa tradicional de mejoramiento de la capacidad de soporte del terreno de fundación.

El desarrollo de este informe consistirá en presentar las alternativas de solución para el mejoramiento de la capacidad de soporte de un terreno de fundación deficiente para la proyección de una vía afirmada. Luego de ello se evaluarán dichas alternativas desde el punto de vista técnico y económico para que, finalmente, después de calificar las alternativas y ponerle notas se calculará cual es la mejor alternativa en función a una ponderación numérica de las notas.

LISTADO DE CUADROS

Descripción	Pag.
Cuadro 2.1 : Experiencia en la Construcción – Fortalezas y Debilidades	12
Cuadro 2.2 : Dificultad de Ejecución – Fortalezas y Debilidades	13
Cuadro 2.3 : Disponibilidad de Equipos – Fortalezas y Debilidades	13
Cuadro 2.4 : Tiempo de Ejecución – Fortalezas y Debilidades	14
Cuadro 2.5 : Mantenimiento de Vía Afirmada – Fortalezas y Debilidades	14
Cuadro 2.6 : Control de Calidad – Fortalezas y Debilidades	15

LISTADO DE FIGURAS

Descripción	Pag.
Fig. 1.1 : Cuadro General de Mejoramiento de la Subrasante	02
Fig. 1.2 : Gráfico del Diseño de Pavimento sin Refuerzo	04
Fig. 1.3 : Gráfico del Diseño de Reforzamiento con Geomalla	08

INTRODUCCIÓN

La prolongación de la vida útil de las vías ha sido una permanente preocupación por parte de las entidades públicas y privadas a nivel nacional e internacional, que se encargan de la ejecución y del posterior cuidado de éstas. Los ensayos realizados sobre nuevos materiales que disminuyan de alguna manera los costos de mantenimiento y mejoren el periodo de vida útil que la estructura de pavimento flexible requiere, han traído nuevos horizontes. Con la aparición de los geosintéticos y en especial las geomallas, los investigadores han hecho un aporte significativo a la ingeniería, estudiando el desempeño de estos en aplicaciones específicas, como lo es en este caso, el refuerzo de pavimentos.

En ese sentido, las geomallas en vías afirmadas enfocadas como refuerzo a nivel de subrasante han sido aplicadas en diversas partes del mundo con aciertos y desaciertos. Por lo cual, como consecuencia de la experiencia teórica – empírica se ha desarrollado el método GIROUD-HAN para el diseño de pavimentos con geomallas, el cual utilizaremos para nuestro estudio.

La APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VÍAS AFIRMADAS no estaría siendo bien definida como una solución a seguir si no se realizara un análisis de su viabilidad. Por lo tanto, se da origen a una nueva interrogante: ¿Cuán viable técnica y económicamente es este tipo de soluciones?

En el presente informe de suficiencia se propone dar respuesta a esa interrogante realizando una matriz de decisiones que permita comparar la aplicación específica de las geomallas biaxiales con respecto a la ejecución de un pavimento tradicional, considerando que el análisis lo realiza una entidad concesionaria de una red vial bajo la modalidad de un contrato EPC (Engineer, Procure and Construction). Para ello, se analizarán las soluciones de diseño que el Grupo 04 del Taller de “Aplicación de Geosintéticos en obras de Ingeniería Civil” plantea para un tramo de prueba cuyo terreno de fundación tiene un CBR menor al 1%.

La comparación se enmarcará en criterios técnicos y económicos que permitan un análisis concienzudo para las condiciones particulares de la zona en la cual se aplicarían estas soluciones buscando un equilibrio económico que permita optar por la mejor solución para el proyecto.

Durante el desarrollo del Capítulo 1 el lector podrá introducirse en los requerimientos de diseño para la vía afirmada a ejecutarse y las alternativas de diseño proyectadas para satisfacer la demanda.

En el Capítulo 2 se desarrollará el análisis técnico de cada alternativa desde diferentes puntos de vista tales como: Experiencia de la Construcción, Dificultad de Ejecución, Disponibilidad de Equipos, Tiempo de Ejecución, Mantenimiento de Vía Afirmada y Control de Calidad.

Una análisis similar se realizará desde le punto de vista económico en el Capítulo 3. Cada alternativa presentará un presupuesto económico, los cuales serán comparados al finalizar el capítulo.

Finalmente, en el Capítulo 4 se aplicará la matriz de decisión para definir cual es la alternativa de solución más viable desde el punto de vista técnico y económico.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Durante el desarrollo del presente informe se mencionarán términos técnicos ó conceptos particulares, cuyo significado es necesario sea de conocimiento del lector.

Debido a lo anterior, se presenta a continuación un glosario resumido alfabéticamente para que el lector pueda familiarizarse con los conceptos ó términos técnicos:

- **Alternativas** : Estrategias diferentes por las cuales puede lograrse algún objetivo.
- **Análisis Beneficio – Costo** : Método cuantitativo cuyo objetivo es determinar si los beneficios obtenidos superan sus costos y en qué medida.
- **Concedente de Carreteras**: Es el Estado de la República, que actúa representado por algún poder ejecutivo, en el caso del Estado Peruano sería el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- **Concesión**: Es la relación jurídica de derecho público que se establece entre el **CONCEDENTE** y el **CONCESIONARIO** a partir de la Fecha de Suscripción del Contrato de Concesión, mediante la cual el **CONCEDENTE** otorga al **CONCESIONARIO** el derecho de aprovechamiento económico de los Bienes de la Concesión durante el plazo de vigencia de la misma.
- **Concesión Vial** : Es la concesión de una parte de la red vial de un Estado.
- **Concesionario** : Es la persona jurídica constituida por el Adjudicatario que suscribe un Contrato de Concesión con el **CONCEDENTE**.
- **Decisión** : Determinación o resolución que se toma o se da en una cosa dudosa o en evaluación.
- **EPC** : Modalidad de contratación de proyectos de concesión en los cuales la Ingeniería, la Procura (administración de recursos y logística) y la Construcción son de cargo y responsabilidad de una sola entidad.

- **Geomallas** : Son estructuras bidimensionales elaboradas a base de polímeros, que están conformadas por una red de costillas, con aberturas de suficiente tamaño para permitir la trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico circundante.
- **Geosintéticos** : Es un producto en el que, por lo menos, uno de los componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotécnica o de la ingeniería civil.
- **Matriz de Decisiones** : es una herramienta de la ingeniería en la cual se analiza las soluciones partiendo de los beneficios que podrían redituar.
- **Presupuesto** : Es la cuantificación del valor de una alternativa de solución expresada en términos económicos o monetarios.
- **Toma de decisiones** : acción de elegir entre varias alternativas. Procedimiento interactivo, un ciclo que incluye varios ciclos sucesivos de alternativas y decisiones.
- **Valor** : Es la equivalencia de un bien o servicio en términos de otros bienes y servicios. El término suele reflejar la cuantía en dinero, o precio, que se pagará por el bien.

CAPITULO 1

ALTERNATIVAS DE DISEÑO PARA VÍAS AFIRMADAS

El presente informe realizará un análisis que permita ver la viabilidad técnica-económica de la aplicación de la geomalla en vías afirmadas frente a la aplicación de un diseño tradicional para este tipo de vías considerando un mismo tramo de prueba cuyo CBR es menor a 1%. Para conseguir el objetivo se trabajará bajo el supuesto que el proyecto forma parte de una concesión vial y que dicha concesión está enmarcada en un contrato EPC, por lo cual es necesario que la empresa concesionaria analice bien si su propuesta permitirá lograr los objetivos económicos que la ejecución del proyecto tiene trazado para minimizar a futuro los costos a los que incurrirá por concepto de mantenimiento de la vía.

Para el desarrollo de alternativas de solución es necesario especificar los requerimientos que el cliente, en este caso EL CONCEDENTE, solicita para el diseño de la vía afirmada. Es así que se definieron los siguientes parámetros de diseño:

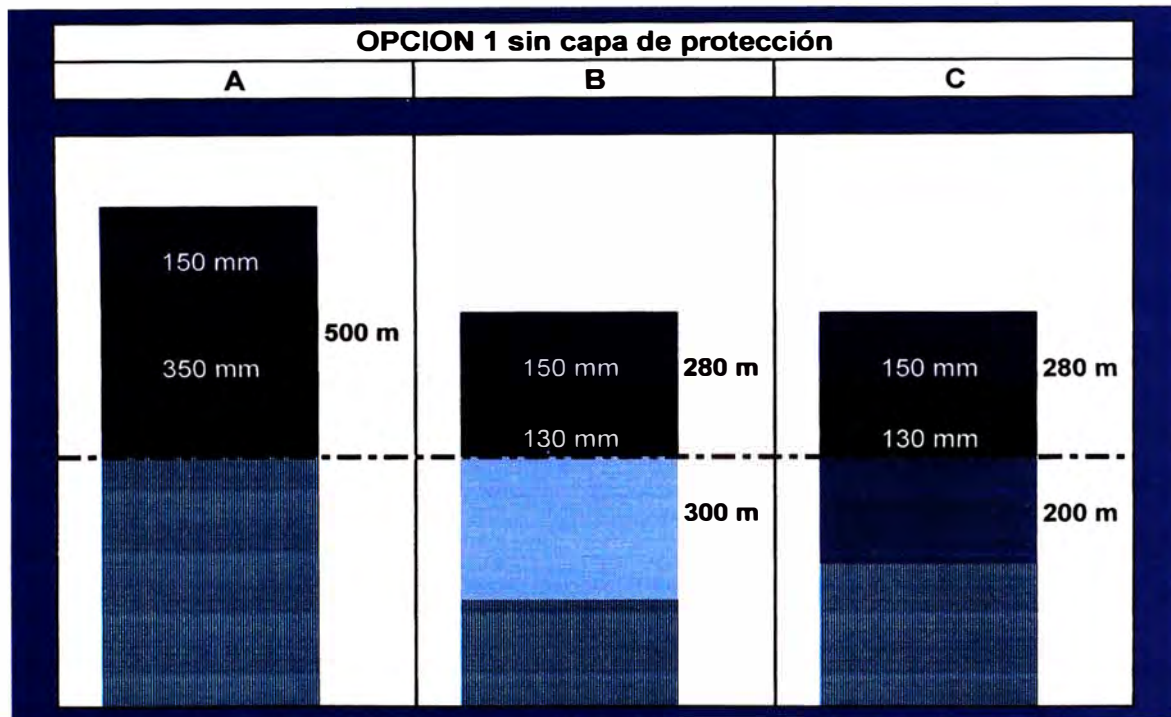
Tráfico: El concedente ha solicitado que la vía afirmada este diseñada para un tráfico T2 el cual tiene un rango de ejes equivalentes entre 7.9×10^4 y 1.5×10^5 . Buscando considerar el caso más crítico, para el diseño de la estructura del pavimento se tomará el valor extremo superior del rango del tipo de tráfico T2, es decir ESAL 1.5×10^5 , para lo cual sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 5 toneladas. El resto de vehículos menores provocan un efecto mínimo sobre la vía afirmada.

Periodo de Diseño: Debido a que esta vía afirmada se considera una carretera de bajo volumen de tráfico, el periodo de diseño considerado fue de 10 años, de conformidad con lo estipulado por el MTC para el tipo de carreteras especificado.

En consecuencia de lo anterior y basados en la sistemática de la Ingeniería del Valor, el punto de partida para la evaluación es obtener la información de la ingeniería de cada una de las alternativas para que, posteriormente, se desarrolle el análisis de la viabilidad de las mismas. En ese sentido, se exponen los diseños obtenidos:

1.1. DISEÑO DE PAVIMENTO SIN REFUERZO A NIVEL DE AFIRMADO.

De acuerdo al Manual de Diseño del MTC para Bajos volumen de Tránsito, los espesores a considerar para Subrasantes Muy Pobres con $CBR < 3\%$ se presenta en el siguiente gráfico.



	Nivel superior de la subrasante
	Subrasante
	Mejoramiento de Subrasante material CBR > 6%
	Mejoramiento de Subrasante material CBR > 6% con adición de un % de Cal ó -cemento en peso de los suelos
	Capa de Afirmado o Grava natural seleccionada por zarandeo incluyendo finos ligantes
	Capa Superfial de Afirmado o Grava homogenizada por chancado incluyendo finos ligantes

Fig. 1.1 : Cuadro General de Mejoramiento de la Subrasante

De la figura anterior, podemos resolver que la opción "B" es la que se ajusta mucho mejor a las condiciones de terreno existentes y a los requerimientos topográficos del proyecto. Por lo tanto, siguiendo las indicaciones de este manual la solución tradicional a seguir sería:

Base	:	15 cm.
Sub-base	:	13 cm.
Reemplazo de material inadecuado	:	30 cm.

(CBR > 10%)

A pesar de contar con esta solución empírica sugerida por el Manual de Diseño del MTC es necesario realizar un diseño un poco más analítico para las condiciones tan críticas que presenta el CBR del suelo existente, por lo tanto para el dimensionamiento de los espesores de la capa de mejoramiento, subbase, base (afirmado), se adoptó como representativa la siguiente ecuación empírica del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities predecessor of Austroads), que relaciona el valor de soporte del suelo CBR y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de EE (Ejes Equivalentes):

$$e = [219 - 211*(\log_{10}CBR) + 58*(\log_{10}CBR)* \log_{10}(Nrep/120)] \dots(\alpha)$$

Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm

CBR = valor de CBR de la subrasante

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño

Por tanto, considerando en la ecuación (α) los parámetros de diseño reales, tales como:

- ▶ CBR de la subrasante = 0.5%
- ▶ ESAL 1.5×10^5
- ▶ Se considerara que los últimos 0.15 mts, se va a colocar base, que debe ser material chancado incluyendo finos ligantes.

CBR	N# EE
0.5	150000

Espesor (mm)	891.207811
Espesor a Considerar (cm)	90

En consecuencia del análisis anterior, la alternativa de solución tradicional a considerar para la vía afirmada a proyectar sería:

Base : 15 cm.
Reemplazo de material inadecuado : 75 cm.
(CBR > 10%)



Fig. 1.2 : Gráfico del Diseño de Pavimento sin Refuerzo

1.2. DISEÑO DE REFORZAMIENTO CON GEOMALLA A NIVEL DE SUBRASANTE.

Al igual que los métodos clásicos de diseño de carreteras reforzadas, el Método Giroud-Han se basa en un modelo teórico. Sin embargo, Giroud y Han calibraron el modelo utilizando los resultados de un programa de investigación especialmente desarrollado (Gabr, 2001) y realizado en North Carolina State University.

Este programa de investigación incorporó un número significativo de pruebas de carga de placas cíclicas a gran escala utilizando refuerzo con Geomallas Tensar BX1100 y BX1200. La investigación proveyó datos en cuanto a la presión inducida en la Subrasante y la deformación de la superficie como función del número de ciclos de carga para combinaciones múltiples del espesor de la base y el refuerzo.

Se utilizaron estos datos para calcular el ángulo de distribución de la presión y para cuantificar los efectos del refuerzo y el espesor de la base, tanto en el ángulo de distribución de esfuerzos inicial como en los cambios de ángulo con aplicaciones de cargas continuadas. Tras la calibración, se verificó el método utilizando los resultados de otros datos de investigación y de campo.

Aplicando la ecuación (α) de Giroud- Han, se obtiene:

$$h = \frac{1.195 + (0.910 + 0.019 J - 1.744 J^2) \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5} \log N}{\left[1 + 0.204 \left(\frac{3.48 CBR_{bc}^{0.5}}{CBR_{sg}} - 1\right)\right]} \left(\frac{P}{13.7 N_c \left(\frac{S}{3}\right) \left[1 - 0.9 \exp\left(-1.426 \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5}\right)\right] CBR_{sg}} \right)^{1/3} \quad .(\beta)$$

h: espesor de relleno requerido

PARAMETROS DE DISEÑO

Para el siguiente cálculo se usará las características técnicas de la geomalla marca TENSAR BX 1100

- P : Carga por eje
- p : Presión de inflado de las gomas (ruedas simples o duales)
o presión de contacto bajo la carga P (ruedas tandem).
- N : Número de pasadas por eje
- S : Máximo ahuellamiento
- J : El módulo de estabilidad de la apertura.
- CBR_{rell}: CBR Relleno
- CBR_{sub}: CBR Subrasante

DATOS DE ENTRADA

A continuación se muestran los valores de cada parámetro de diseño requerido como dato de entrada para la aplicación de la fórmula de Giroud-Han:

- P** : 7.0 Tn. (15,736 lb) Proyecto del Reglamento Nacional de Vehículos - Anexo IV - Pesos y Medidas, Tipo C2.
- p** : 80PSI
- N** : 500 (pasadas de vehículos en la etapa de construcción)
- S** : 3" (Máximo ahuellamiento estandarizado por el MTC para Vías Afirmadas)
- J** : 0.32 m-N/grado para la capa base reforzada con Tensar BX1100, $N_c = 5.71$.
- CBR_{rell}**: 10 %
- CBR_{sub}**: 0.5 %

PARÁMETROS A CALCULAR

Son los parámetros que nos ayudarán a dar solución al problema, como:

r = radio de la huella de la llanta, el cual se calcula en función a la siguiente relación:

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi \times p}}$$

P = 3.5 toneladas (7868 lbs), Carga de camiones de transporte

Entonces

$$r = 5.60'' = 14.16 \text{ cm}$$

De la Ecuación (β) de Giroud Han, iterando:

$$h = \frac{1.195 + (0.910 + 0.019 J - 1.744 J^2) \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5} \log N}{\left[1 + 0.204 \left(\frac{3.48 CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}} - 1\right)\right]} \left(\frac{P}{\sqrt{13.7 N_c \left(\frac{s}{3}\right) \left[1 - 0.9 \exp\left(-1.426 \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5}\right)\right]} CBR_{sg}} \right)^i$$

Para:

$$h = 1.84\text{m} \quad \Rightarrow \quad h = 0.708 \text{ m}$$

$$h = 0.708\text{m} \quad \Rightarrow \quad h = 0.686 \text{ m}$$

$$h = 0.686\text{m} \quad \Rightarrow \quad h = 0.50 \text{ m}$$

$$h = 0.50\text{m} \quad \Rightarrow \quad h = 0.50 \text{ m}$$

Por lo tanto, el resultado de la iteración arroja una altura de reemplazo de material inadecuado de 50 cm. Dado que el cálculo de la base (afirmado) fue calculado en el análisis anterior, entonces la Alternativa de solución con Geomalla sería:

Base : 15 cm.
Reemplazo de material inadecuado : 50 cm.

Colocación de geomalla según el siguiente esquema:

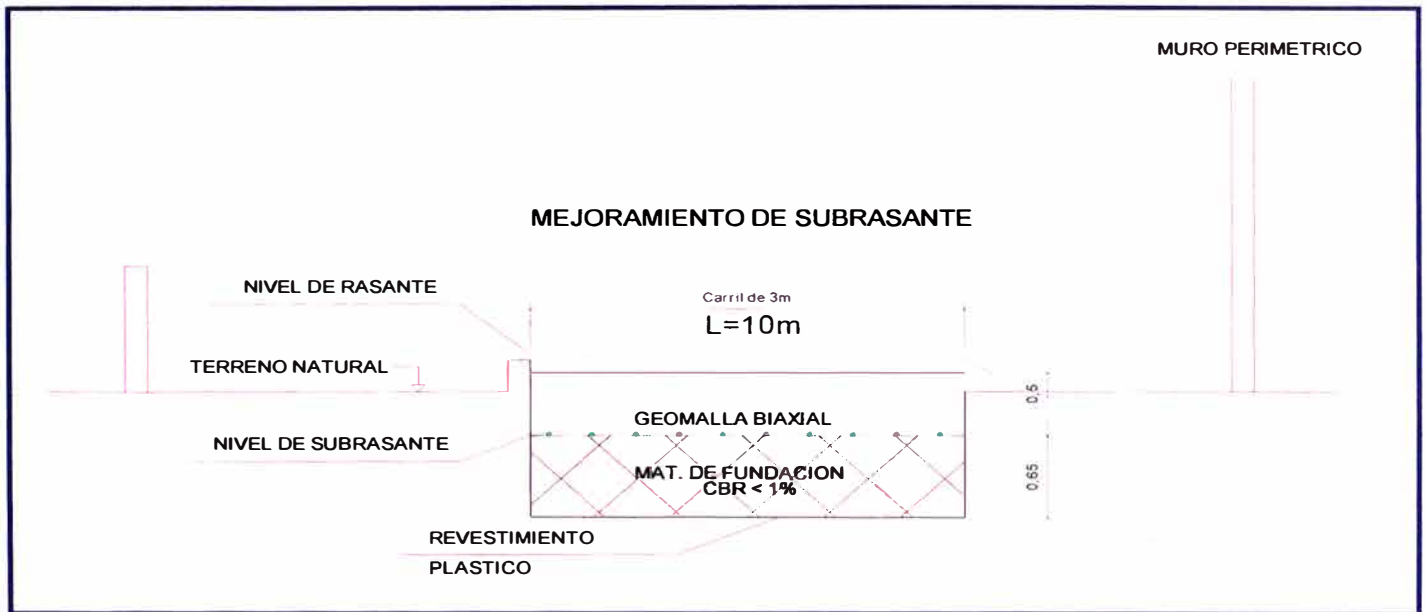


Fig. 1.3 : Gráfico del Diseño de Reforzamiento con Geomalla

CAPITULO 2

ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS ALTERNATIVAS

Luego de conocer el detalle de la información de ingeniería de cada una de las alternativas, se deben definir y evaluar los criterios técnicos que conformarán la matriz de decisiones para optar por la alternativa más viable.

En el caso particular de este proyecto, los criterios técnicos deberán estar orientados a parámetros de posibilidad y capacidad de la Construcción de cada una de las alternativas, sin dejar de lado los costos a los cuales se incurrirán para la ejecución de las mismas.

2.1. DEFINICION Y JUSTIFICACIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS DE ANÁLISIS.

2.1.1. Experiencia en la construcción

Debido a que la aplicación de geomallas en refuerzo de pavimentos no es una práctica frecuente en los proyectos de ingeniería civil en el país, es importante que la experiencia en el uso, manejo y colocación de este material en la ejecución de los proyectos en vías afirmadas se tenga en cuenta para la evaluación técnica frente a otras alternativas.

Este criterio estará enfocado a la experiencia del ejecutor en este tipo de proyectos enfatizando que se está trabajando bajo el marco de un contrato EPC.

2.1.2. Dificultad de ejecución

Paralelamente a la evaluación de la experiencia del ejecutor en la construcción de este tipo de proyectos se realiza una evaluación de la dificultad en la ejecución de los mismos.

La importancia de esta evaluación se sustenta en la relación directa entre la dificultad y/o complicaciones en la ejecución de cualquier proyecto frente a la procura, logística, planeamiento, dimensionamiento y duración de los mismos. En tal sentido, mientras más complicada y difícil es la construcción de un proyecto de ingeniería civil en consecuencia el requerimiento de recursos necesarios para la correcta ejecución es mayor.

2.1.3. DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

Empíricamente se sabe que una restricción permanente durante la ejecución de un proyecto es la disponibilidad de los equipos para el momento y el tiempo planeado por el constructor. Sin embargo, en la evaluación técnica para la toma de decisiones de la mejor alternativa a considerar a nivel de proyecto muy pocas veces se toma en cuenta si los equipos requeridos para la ejecución de una u otra alternativa se encuentran oportunamente disponibles en el mercado local y a pie de obra.

Debido a lo anterior, resulta de gran relevancia la evaluación de los equipos que una alternativa requiere y sobretodo la disponibilidad de los mismos en el mercado local, ya que en el caso de no contar con la tecnología adecuada esta situación influiría directamente en el presupuesto del proyecto debido a los costos elevados a los que se incurriría por los gastos de movilización, impuestos de internación temporal y gastos financieros devenidos del alquiler de un equipo en algún mercado externo sin considerar, en caso extremo, una compra obligada por alguna circunstancia particular.

2.1.4. TIEMPO DE EJECUCIÓN

El dimensionamiento de la organización y en consecuencia el costo en los que se incurrirán por concepto de Gastos Generales (Costos Indirectos) se encuentra directamente ligados a la dificultad de la ejecución y a la duración de la misma.

Es así que la implicancia de la duración de la ejecución de un proyecto frente a los costos indirectos es conceptualizado como un criterio de análisis ya que su omisión podría conllevar al fracaso del constructor.

2.1.5. MANTENIMIENTO DE VIA AFIRMADA

Actualmente el Estado Peruano se encuentra entregando en concesión tramos de la Red Vial Nacional con el objetivo de conseguir administradores (concesionarios) que se encarguen y responsabilicen de la conservación y explotación de las mismas. En ese sentido, el Estado entrega bajo la modalidad de un contrato EPC la concesión de una parte de la red vial por tanto es menester para el concesionario se minimice los costos de mantenimiento que periódicamente tendrá bajo su responsabilidad.

Debido a lo anterior, se hace una necesidad para el concesionario el optar por alternativas de construcción que minimicen a futuro los costos de operación y así garantizar la rentabilidad de su contrato. La disminución de los costos de operación y de mantenimiento periódico es obtenido mediante soluciones que incrementen la capacidad de soporte de la estructura de vía afirmada y en consecuencia el periodo de vida útil sea mayor.

En ese sentido, la evaluación pasa por el análisis del Factor de Capacidad de Carga de la Subrasante (N_c) considerada para cada una de las alternativas de solución.

2.1.6. CONTROL DE CALIDAD

A pesar que la Ingeniería Industrial aplica en todas sus ramas adecuados Sistema de Gestión de Calidad para garantizar el éxito de sus proyectos, la Ingeniería Civil en su rama de la Construcción de Obras Civiles aún no estandariza la implementación este sistema para garantizar no sólo la calidad de los materiales (Control de Calidad) sino principalmente la

correcta ejecución de los procesos generales y específicos que la empresa tiene para con la ejecución de un proyecto.

No obstante, es necesario evaluar como criterio técnico la implicancia que tiene cualquier alternativa de solución respecto de los métodos a implementar para el Control de la Calidad puesto que puede resultar que alguna alternativa obligue al concesionario a realizar ensayos muy frecuentes y/o costosos que finalmente eleven el costo del proyecto.

2.2. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS

Para poder definir si una alternativa es más viable frente a otra es necesario analizar los beneficios que tiene cada una de ellas y posterior a dicha evaluación asignarle un valor buscando una comparación matemática.

En búsqueda de una evaluación técnica objetiva se realizará un análisis de las fortalezas y las debilidades de las alternativas propuestas desde el punto de vista particular del investigador:

2.2.1. EXPERIENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN

Cuadro 2.1 : Experiencia en la Construcción - Fortalezas y Debilidades

Alternativas	Fortalezas	Debilidades
I Diseño Tradicional	Práctica de una solución conocida y tradicional que minimiza la variabilidad en la construcción.	No permite ampliar la experiencia en la construcción.
II Aplicación de Geomallas en Vías Afirmadas	Permitirá ampliar la experiencia en construcción con soluciones alternativas.	La nula experiencia en este tipo de aplicaciones puede generar que la curva de aprendizaje se extienda en el tiempo.

2.2.2. DIFICULTAD DE EJECUCIÓN

Cuadro 2.2 : Dificultad de Ejecución - Fortalezas y Debilidades

Alternativas	Fortalezas	Debilidades
I Diseño Tradicional	Prácticas de construcción conocidas y masivas que permitirían optimizar los recursos.	Esta alternativa obliga a realizar reemplazos de material a mayor profundidad por tanto la dificultad durante la ejecución está ligada a encontrar interferencias como las instalaciones de servicio público (agua, desagüe, teléfono, alumbrado, etc), vestigios arqueológicos, etc.
II Aplicación de Geomallas en Vías Afirmadas	Debido a que esta solución disminuye el volumen de reemplazo de material, la dificultad durante la ejecución disminuye.	No identificada

2.2.3. DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

Cuadro 2.3 : Disponibilidad de Equipos - Fortalezas y Debilidades

Alternativas	Fortalezas	Debilidades
I Diseño Tradicional	Sólo requiere de los equipos de movimiento de tierras convencionales.	El mercado local actualmente está pasando por una demanda de equipos de movimiento de tierras bastante grande. La debilidad nace a raíz de la oferta limitada de este tipo de equipos y su estado de operación.
II Aplicación de Geomallas en Vías Afirmadas	Para la geomalla en particular su colocación no requiere de ninguna tecnología particular. Por tanto, se utilizarían los equipos de movimiento de tierras convencionales.	El mercado local actualmente está pasando por una demanda de equipos de movimiento de tierras bastante grande. La debilidad nace a raíz de la oferta limitada de este tipo de equipos y su estado de operación.

2.2.4. TIEMPO DE EJECUCIÓN

Cuadro 2.4 : Tiempo de Ejecución - Fortalezas y Debilidades

Alternativas	Fortalezas	Debilidades
I Diseño Tradicional	Los rendimientos y productividades para este tipo de trabajos se encuentran ya optimizadas debido a la experiencia en este tipo de trabajos. Por tanto, el planeamiento se encuentra controlado.	La variabilidad producto de la dificultad durante la ejecución obliga a considerar mayores tiempos de holgura durante la programación de los trabajos por tanto se extiende el tiempo de ejecución.
II Aplicación de Geomallas en Vías Afirmadas	Al disminuir el volumen de reemplazo el tiempo de ejecución de los trabajos disminuye fuertemente puesto que la colocación del geosintético no representa mayor esfuerzo.	El poco movimiento de tierras podría obligar al constructor el considerar holguras pequeñas o incluso el excluirlas, lo cual originaría un riesgo poco manejable.

MANTENIMIENTO DE VIA AFIRMADA

Cuadro 2.5 : Mantenimiento Periodico de la Vía Afirmada - Fortalezas y Debilidades

Alternativas	Fortalezas	Debilidades
I Diseño Tradicional	Requiere de prácticas conocidas enfocadas a un control de transitabilidad.	En función al clima, el control de la transitabilidad puede obligar a reemplazos de material constante y/o excesivo. Más aún cuando el factor de carga ($N_c=3.3$) considerado para el diseño no aporta mayor beneficio de reducción de costos por mantenimiento dado que no genera un aporte mayor a la vida útil requerida para la vía.
II Aplicación de Geomallas en Vías Afirmadas	Requiere de prácticas conocidas enfocadas a un control de transitabilidad. El factor de soporte de carga ($N_c=5.71$) que la geomalla utiliza para el diseño de la alternativa de solución permite incrementar en 73% la vida útil de la vía afirmada respecto a una solución tradicional garantizando menores costos en el mantenimiento periodico.	En función al clima, el control de la transitabilidad puede obligar a reemplazos de material constante y/o excesivo.

2.2.5. CONTROL DE CALIDAD

Cuadro 2.6 : Control de Calidad - Fortalezas y Debilidades

Alternativas	Fortalezas	Debilidades
I Diseño Tradicional	Los procedimientos, frecuencias y costos de los ensayos son comunes y de manejo estandarizado.	Certificación externa en caso de algunos ensayos particulares.
II Aplicación de Geomallas en Vías Afirmadas	En general, la inclusión de la geomalla como insumo del proyecto no implica mayor dificultad de control toda vez que su aplicación sólo exige un control de traslapes.	Certificación externa en caso de algunos ensayos particulares.

CAPITULO 3

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS

En todo negocio el análisis económico es generalmente determinante para decidirse por una u otra alternativa de solución. En la construcción, este hecho ha sido absolutamente determinante y tradicionalmente era el único criterio para definir la alternativa de solución más conveniente buscando garantizar la rentabilidad del negocio.

Sin embargo, en las concesiones de carreteras enmarcadas bajo contratos EPC el análisis económico ya no está ligado a determinar qué alternativa de solución es la más rentable al inicio del proyecto sino más bien cual es la que garantiza la rentabilidad sostenida durante todo el periodo de concesión. Por tal motivo, el comparativo económico no es más un criterio absoluto sino más bien es un criterio de viabilidad muy importante para la toma de decisiones.

A continuación, se realizará el análisis económico de cada alternativa aplicando los conocimientos de Presupuesto de Obras:

3.1. MEDICIÓN Y VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS.

La obra de construcción del proyecto definido para el Taller “Aplicación de Geosintéticos en Obras de Ingeniería Civil” del Curso de Actualización de Conocimientos 2006 considera la ejecución de un tramo de prueba de 10 mts de ancho 3.5 mts sobre un terreno cuyo CBR es menor a 1%.

A ese nivel de evaluación el comparativo económico entre las alternativas propuestas estaría enfocada al costo directo que ambas significarían considerando que el tiempo de ejecución y las condiciones de drenaje debido a la magnitud del proyecto son los mismos.

Por lo expuesto en el párrafo precedente se presentan los presupuestos de cada alternativa:

3.1.1. PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA 01:
DISEÑO TRADICIONAL DE VÍAS AFIRMADAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	P. Unit. S/.	METRADO	PARCIAL S/.
100	OBRAS PRELIMINARES				
101	Movilización y Desmovilización de equipos y maquinarias	glb	1,100.00	1.00	1,100.00
102	Estudio de Ingeniería	glb	4,500.00	1.00	4,500.00
200	OBRAS PROVISIONALES				
201	Topografía y Georeferenciación	glb	600.00	1.00	600.00
202	Mantenimiento de Tránsito y seguridad vial	glb	500.00	1.00	500.00
300	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
301	Excavación no clasificada a mano	m ³	35.38	1.13	39.98
302	Excavación no clasificada con equipo	m ³	12.86	21.38	274.95
303	Eliminación de Material excedente	m ³	14.08	22.50	316.80
304	Conformación de terraplenes con material de cantera	m ³	34.25	22.50	770.63
305	Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante con material de cantera	m ³	34.25	-	-
306	Suministro y colocación de geomalla biaxial	m ²	6.64	-	-
400	PAVIMENTO				
401	Afirmado	m ²	37.13	4.50	167.09
COSTO DIRECTO				S/.	8,269.45

3.1.2. PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA 02:
APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VÍAS AFIRMADAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	P. Unit. S/.	METRADO	PARCIAL S/.
100	OBRAS PRELIMINARES				
101	Movilización y Desmovilización de equipos y maquinarias	glb	1,100.00	1.00	1,100.00
102	Estudio de Ingeniería	glb	4,500.00	1.00	4,500.00
200	OBRAS PROVISIONALES				
201	Topografía y Georeferenciación	glb	600.00	1.00	600.00
202	Mantenimiento de Tránsito y seguridad vial	glb	500.00	1.00	500.00
300	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
301	Excavación no clasificada a mano	m ³	35.38	0.75	26.54
302	Excavación no clasificada con equipo	m ³	12.86	14.25	183.26
303	Eliminación de Material excedente	m ³	14.08	15.00	211.20
304	Conformación de terraplenes con material de cantera	m ³	34.25	-	-
305	Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante con material de cantera	m ³	34.25	15.00	513.75
306	Suministro y colocación de geomalla biaxial	m ²	6.64	30.00	199.20
400	PAVIMENTO				
401	Afirmado	m ²	37.13	4.50	167.09
COSTO DIRECTO				S/.	8,001.04

3.2. COMPARATIVO ECONÓMICO DE ALTERNATIVAS.

Para el presente análisis comparativo económico sólo se limita a realizar una calificación de costos de las alternativas. De lo anterior y como puede constatarse de los presupuestos la “Alternativa 02” es la más económica dado que a nivel de costo directo ésta alternativa resulta 3.25% más barata respecto a la “Alternativa 01”.

En consecuencia de lo anterior, la aplicación de la “Alternativa 02” generaría un ahorro de S/. 26.84 (Veintiseis y 84/100 nuevos soles) por metro lineal de vía afirmada. Este ahorro puede resultar significativo para una entidad privada puesto que en una concesión de 100 Kms, el ahorro resultaría equivalente a S/ 26,840 (veintiseis mil ochocientos cuarenta y 00/100 nuevos soles) sin contar con los beneficios en optimización de recursos y disminución de tiempos de ejecución.

CAPITULO 4

MATRIZ DE DECISIÓN

La matriz de decisiones es una herramienta de la ingeniería en la cual se analiza las soluciones partiendo de los beneficios que podrían redituarse. Se determina un peso de 0 a 10 para cada beneficio (es claro que los pesos variarán de acuerdo con la política de la compañía o entidad concesionaria, los departamentos dentro de la misma e incluso los momentos en los que se haga el análisis), después se asigna un valor de 0 a 4 para indicar el resultado deseado de cada solución. El valor asignado se multiplica por el peso adecuado (Nota) y los productos resultantes se suman para llegar a una calificación final donde la suma más alta es la solución más viable.

4.1. DEFINICIÓN DE CALIFICACIONES Y PESOS PARA CADA CRITERIO DE EVALUACIÓN

Antes de asignar un valor para cada alternativa de solución es preciso que el evaluador defina los pesos de cada uno de los criterios de evaluación:

4.1.1. EXPERIENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN

El peso asignado para este criterio es de 05, debido que al Concesionario no le representa una gran restricción de evaluación el hecho de poner en práctica aplicaciones poco conocidas puesto que la experiencia que se pueda adquirir resulta potencialmente valiosa para la Gestión de Pavimentos que debe implementar durante la vigencia de su Concesión.

4.1.2. DIFICULTAD DE EJECUCIÓN

El peso asignado para este criterio es de 06, debido que siempre es necesario que la alternativa de solución no sea tan difícil de ejecutar para minimizar la variabilidad de la construcción.

4.1.3. DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

El peso asignado para este criterio es de 07, ya que la alternativa de solución debe evitar cualquier tipo de restricciones en la disponibilidad de equipos.

4.1.4. TIEMPO DE EJECUCIÓN

Es necesario para el Concesionario salvaguardar el cumplimiento del contrato e impedir que un incumplimiento en el plazo contractual definido para la ejecución de las obras, conlleve a multas o a rescisión del contrato de concesión, por lo tanto el criterio de Tiempo de Ejecución tiene un peso de 08.

4.1.5. MANTENIMIENTO PERIODICO DE LA VIA

Todo concesionario busca mantener la rentabilidad de su negocio por todo el tiempo que dure la concesión, por lo tanto debe implementar un Sistema de Gestión de Pavimentos que defina cuáles son los montos de inversión proyectada por concepto de mantenimiento periodico de la vía. Por esa misma razón, la evaluación técnica por este concepto tiene un peso de 10 ya que esta es una de las premisas para garantizar el éxito de la concesión.

4.1.6. CONTROL DE CALIDAD

El peso asignado para este criterio de evaluación es de 05, ya que el control de calidad debe ser parte de un estandar del Sistema de Gestión de Calidad.

4.1.7. COSTO DE EJECUCIÓN

Para todo proyecto el análisis económico de todo proyecto siempre tiene gran relevancia, por lo tanto para el presente análisis el peso asignado para este criterio de evaluación es de 08.

4.2. MATRIZ DE DECISIÓN

Bajo el marco teórico descrito anteriormente se procede a plasmar en la matriz los resultados y análisis obtenidos:

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO (P)	ALTERNATIVA 01		ALTERNATIVA 02	
		VALOR (V1)	NOTA (P) x (V1)	VALOR (V2)	NOTA (P) x (V2)
Experiencia en la construcción	5	3	15	3	15
Dificultad de Ejecución	6	2	12	4	24
Disponibilidad de Equipos	7	1	7	1	7
Tiempo de Ejecución	8	4	32	3	24
Mantenimiento de la vía	10	2	20	4	40
Control de Calidad	5	2	10	2	10
Costo de Ejecución	8	2	16	3	24
NOTA TOTAL			112		144

4.3. TOMA DE DECISIÓN

Como resultado del análisis con la matriz de decisiones se puede verificar que la Alternativa N° 02 obtuvo el mayor puntaje por tanto dicha alternativa es la solución a seguir para la ejecución de la vía afirmada.

CONCLUSIONES

Como principal conclusión del presente informe se podría decir que para los casos críticos en los que el CBR de terreno de fundación es menor a 1% la aplicación de geomallas como refuerzo de la capacidad portante de la subrasante en vías afirmadas es una alternativa de solución técnica y económicamente más viable que la alternativa tradicional de reemplazos de material inadecuado, ya que permite optimizar recursos y presentarse como una mejor solución económica. Asimismo, la aplicación de geomallas permite un mejor comportamiento de la estructura de la vía afirmada garantizando una vida útil mucho mayor, toda vez que éste deja de ser un comportamiento aislado y pasa a presentar comportamientos en bloque debido a la trabazón del material en la geomalla.

Por otro lado, cabe resaltar que las concesiones viales existentes en el país a la fecha tienen un periodo contractual de vigencia no menor a 25 años por tanto la empresa concesionaria debe garantizar que las soluciones que adopte sean las más óptimas técnica y económicamente. En ese sentido, las empresas concesionarias requieren de herramientas que le permitan tomar las decisiones técnicas más apropiadas para buscar la rentabilidad del negocio.

Como respuesta a lo anterior, la matriz de decisiones es una herramienta bastante potente para la toma de decisiones. Sin embargo, es necesario que el evaluador sea necesariamente integrante o colaborador de la empresa concesionaria puesto que sólo así se garantiza que exista objetivos comunes.

RECOMENDACIONES

Para una correcta evaluación técnica es recomendable que ésta se realice siempre y cuando las alternativas de solución se hayan concebido para los mismos requerimientos de cliente, los mismos parámetros de diseño y el mismo alcance de obra, caso contrario la evaluación no podrá conseguir un resultado óptimo.

Para lograr una evaluación técnico-económica eficiente utilizando la matriz de decisiones es recomendable que el evaluador escoja criterios lo más objetivos posible para evitar cualquier tipo de desbalance por criterio imparcial.

Este concepto tiene fundamento en que el evaluador tenga la sensibilidad del Concesionario y que a su vez tenga claro que la mejor solución no está orientada a la rentabilidad inmediata sino al equilibrio económico sostenido durante el periodo de vigencia de la concesión.

BIBLIOGRAFÍA

- TEXTOS CONSULTADOS:

1. CÉSPEDES ABANTO, JOSE Los Pavimentos en las Vías Terrestres, Edición Nº 01, 2002, Cajamarca – Perú.
2. KOERNER M., ROBERT Diseño con Geosintéticos, Cuarta Edición, 2003, EEUU.
3. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, Manual de Diseño de Caminos de Bajo volumen de Tránsito, Perú.
4. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES, Proyecto del Reglamento Nacional de Vehículos – Anexo IV – Pesos y Medidas, Perú.
5. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, Curso de Titulación por Actualización de Conocimientos, Aplicación de Geosintéticos en Obras de Ingeniería Civil, 2006 – 2007, Lima – Perú.

- PÁGINAS WEB CONSULTADAS:

6. CRUZ LEZAMA, OSAIN Evaluación de proyectos en condiciones de incertidumbre.
7. www.monografias.com
8. MARY EMILY B. Toma de Decisiones
9. www.monografias.com
10. UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS – Facultad de Ciencias Administrativas, Análisis del riesgo y decisiones de inversión : El Análisis de Sensibilidad.
11. <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/bibvirtual.asp>
12. www.tdm.com.pe
13. www.tensarcorp.com

ANEXOS

ANEXO 01
PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA 01
DISEÑO TRADICIONAL DE VÍAS AFIRMADAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS 2006



GEOSINTÉTICOS EN OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL
APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VIAS AFIRMADAS
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA
ALTERNATIVA 01: DISEÑO TRADICIONAL DE VÍAS AFIRMADAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	P. Unit. S/.	METRADO	PARCIAL S/.
100	OBRAS PRELIMINARES				
101	Movilización y Desmovilización de equipos y maquinarias	glb	1.100.00	1.00	1.100.00
102	Estudio de Ingeniería	glb	4.500.00	1.00	4.500.00
200	OBRAS PROVISIONALES				
201	Topografía y Georeferenciación	glb	600.00	1.00	600.00
202	Mantenimiento de Tránsito y seguridad vial	glb	500.00	1.00	500.00
300	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
301	Excavación no clasificada a mano	m ³	35.38	1.13	39.98
302	Excavación no clasificada con equipo	m ³	12.86	21.38	274.95
303	Eliminación de Material excedente	m ³	14.08	22.50	316.80
304	Conformación de terraplenes con material de cantera	m ³	34.25	22.50	770.63
305	Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante con material de cantera	m ³	34.25	-	-
306	Suministro y colocación de geomalla biaxial	m ²	6.64	-	-
400	PAVIMENTO				
401	Afirmado	m ³	37.13	4.50	167.09
COSTO DIRECTO				S/.	8,269.45

ANEXO 02

PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA 02

APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VÍAS AFIRMADAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS 2006



GEOSINTÉTICOS EN OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL

APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VIAS AFIRMADAS

VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA

ALTERNATIVA 02: APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VÍAS AFIRMADAS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	P. Unit. S/.	METRADO	PARCIAL S/.
100	OBRAS PRELIMINARES				
101	Movilización y Desmovilización de equipos y maquinarias	glb	1,100.00	1.00	1,100.00
102	Estudio de Ingeniería	glb	4,500.00	1.00	4,500.00
200	OBRAS PROVISIONALES				
201	Topografía y Georeferenciación	glb	600.00	1.00	600.00
202	Mantenimiento de Transito y seguridad vial	glb	500.00	1.00	500.00
300	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
301	Excavación no clasificada a mano	m ²	35.38	0.75	26.54
302	Excavación no clasificada con equipo	m ²	12.86	14.25	183.26
303	Eliminación de Material excedente	m ²	14.08	15.00	211.20
304	Conformación de terraplenes con material de cantera	m ²	34.25	-	-
305	Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante con material de cantera	m ²	34.25	15.00	513.75
306	Suministro y colocación de geomalla biaxial	m ²	6.64	30.00	199.20
400	PAVIMENTO				
401	Afirmado	m ²	37.13	4.50	167.09
COSTO DIRECTO				S/.	8,001.04

ANEXO 03 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS 2006



Análisis de precios unitarios

Obra APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VIAS AFIRMADAS
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA

Partida 101 Movilización y Desmovilización de Equipos y Maquinarias
Rendimiento 1.00 GLB

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Sub Total (S/.)
Movilización de Retroexcavadora	glb		1.00	250.00	250.00	250.00
Movilización de Compactador Vibratorio	glb		1.00	250.00	250.00	250.00
Movilización de Equipos Menores	glb		1.00	50.00	50.00	50.00
Desmovilización de Retroexcavadora	glb		1.00	250.00	250.00	250.00
Desmovilización de Compactador Vibratorio	glb		1.00	250.00	250.00	250.00
Desmovilización de Equipos Menores	glb		1.00	50.00	50.00	50.00
Costo unitario directo (S/.) por : GLB						1,100.00

Partida 102 Estudio de Ingeniería
Rendimiento 1.00 GLB

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Sub Total (S/.)
Equipo de Trabajo	mes		1.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00
Impresiones y Presentación	glb		1.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00
Costo unitario directo (S/.) por : GLB						4,500.00

Partida 201 Topografía y Georeferenciación
Rendimiento 1.00 GLB

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Sub Total (S/.)
Topografía y Georeferenciación	glb		1.00	600.00	600.00	600.00
Costo unitario directo (S/.) por : GLB						600.00

Partida 202 Mantenimiento y seguridad vial
Rendimiento 1.00 GLB

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Sub Total (S/.)
Mantenimiento y seguridad vial	glb		1.00	500.00	500.00	500.00
Costo unitario directo (S/.) por : GLB						500.00

Partida 301 Excavación no clasificada a mano
Rendimiento 20.00 M3/DIA

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Sub Total (S/.)
Mano de Obra						
CAPATAZ	HH	0.50	0.20	12.10	2.42	
PEON	HH	10.00	4.00	7.90	31.60	34.02
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.04	34.02	1.36	1.36
Costo unitario directo (S/.) por : M3						35.38

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS 2008



Análisis de precios unitarios

Obra APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VIAS AFIRMADAS
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA

Partida 302 Excavación no clasificada con equipo
Rendimiento 120.00 M3/DIA

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (\$/)	Parcial (\$/)	Sub Total (\$/)
Mano de Obra						
CAPATAZ	HH	0.50	0.03	12.10	0.40	
OPERADOR DE EQUIPO PESADO	HH	1.00	0.07	10.50	0.70	
PEON	HH	2.00	0.13	7.90	1.05	2.15
Equipos						
RETROEXCAVADORA	HM	1.00	0.07	159.31	10.62	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.04	2.15	0.09	10.71
Costo unitario directo (\$/) por : M3						12.86

Partida 303 Eliminación de material excedente
Rendimiento 140.00 M3/DIA

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (\$/)	Parcial (\$/)	Sub Total (\$/)
Mano de Obra						
CAPATAZ	HH	1.00	0.06	12.10	0.69	
PEON	HH	3.00	0.17	7.90	1.35	2.04
Equipos						
RETROEXCAVADORA	HM	1.00	0.06	159.31	9.10	
CAMION VOLQUETE 10 M3	HM	1.00	0.06	50.00	2.66	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.04	2.04	0.08	12.04
Costo unitario directo (\$/) por : M3						14.08

Partida 304 Conformación de Terraplenes con material de cantera
Rendimiento 30.00 M3/DIA

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (\$/)	Parcial (\$/)	Sub Total (\$/)
Mano de Obra						
CAPATAZ	HH	0.10	0.03	12.10	0.32	
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	1.00	0.27	10.50	2.80	
PEON	HH	3.00	0.80	7.90	6.32	9.44
Materiales						
AGUA	M3		0.12	9.00	1.08	1.08
MATERIAL DE RELLENO	M3		1.05	18.00	18.90	18.90
Equipos						
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA	HM	1.00	0.27	16.70	4.45	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.04	9.44	0.38	4.83
Costo unitario directo (\$/) por : M3						34.25

Partida 304 Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante con material de cantera
Rendimiento 30.00 M3/DIA

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (\$/)	Parcial (\$/)	Sub Total (\$/)
Mano de Obra						
CAPATAZ	HH	0.10	0.03	12.10	0.32	
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	1.00	0.27	10.50	2.80	
PEON	HH	3.00	0.80	7.90	6.32	9.44
Materiales						
AGUA	M3		0.12	9.00	1.08	1.08
AFIRMADO	M3		1.05	18.00	18.90	18.90
Equipos						
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA	HM	1.00	0.27	16.70	4.45	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.04	9.44	0.38	4.83
Costo unitario directo (\$/) por : M3						34.25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS 2008



Análisis de precios unitarios

Obra APLICACIÓN DE GEOMALLAS EN VIAS AFIRMADAS
VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA

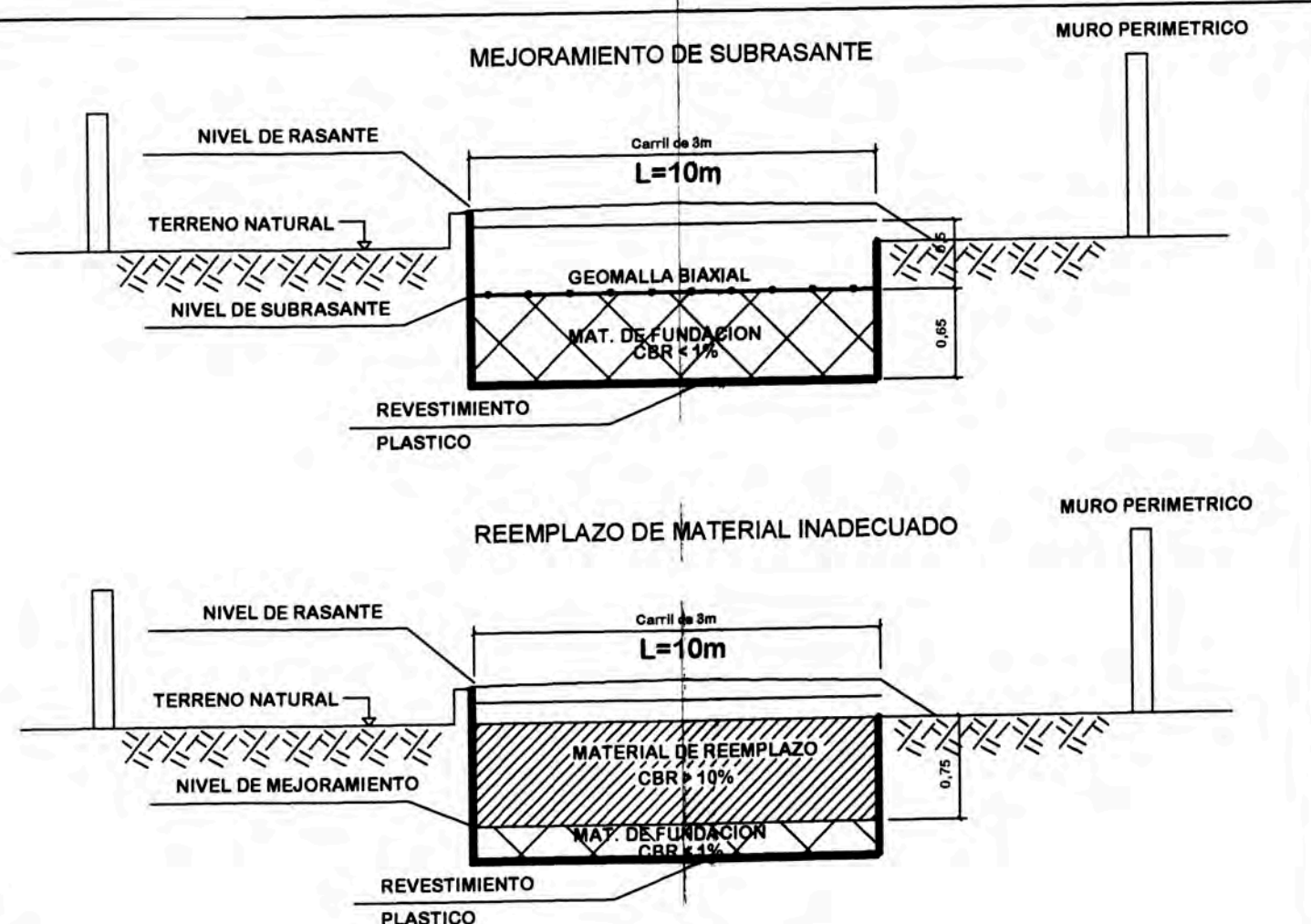
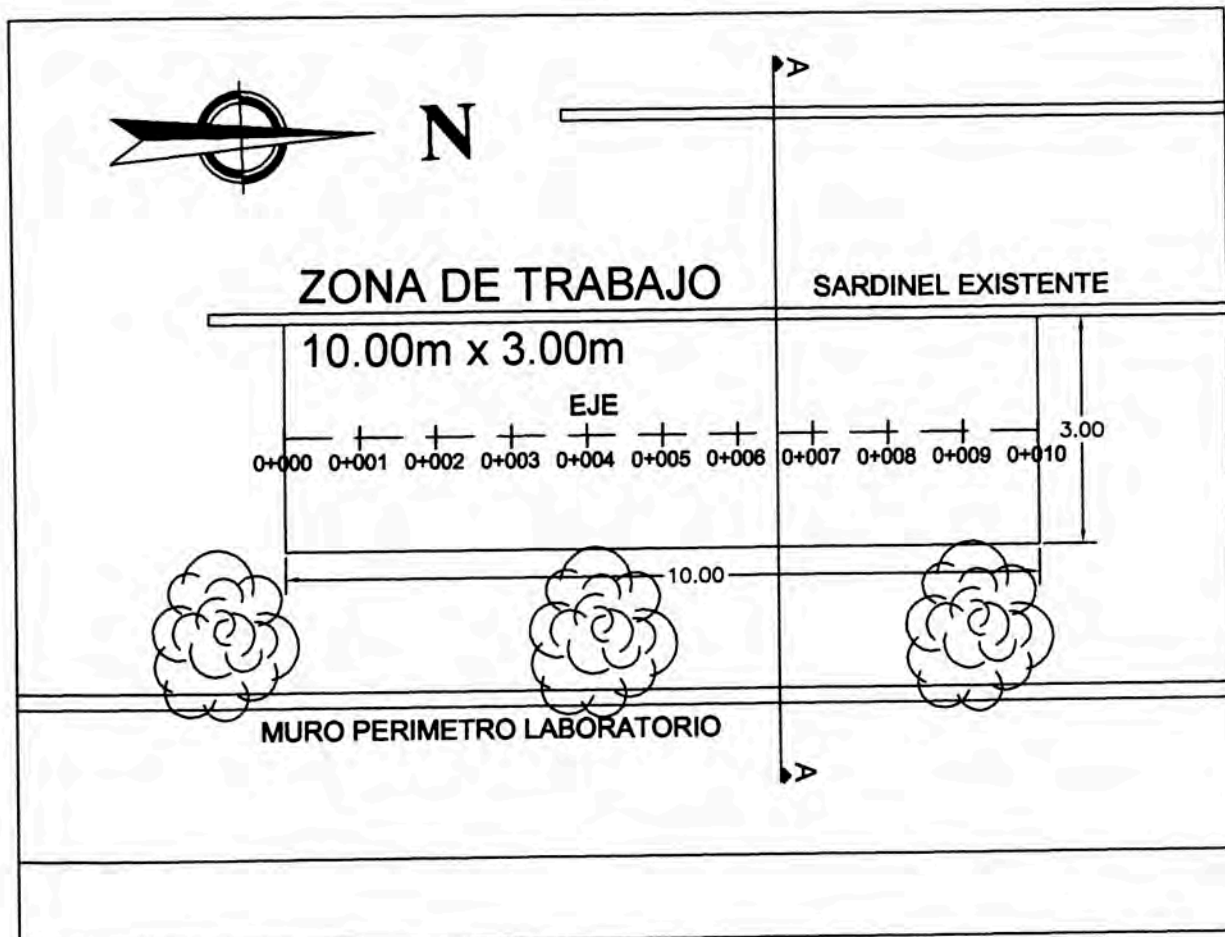
Partida 305 Suministro y colocación de geomalla biaxial
Rendimiento 2,000.00 M2/DIA

Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (\$/)	Parcial (\$/)	Sub Total (\$/)
Mano de Obra						
PEON	HH	3.00	0.01	7.90	0.09	0.09
Materiales						
Geomalla Biaxial BX 1100	M2		1.05	6.24	6.55	6.55
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.04	0.09	0.00	0.00
Costo unitario directo (\$/) por : M2						6.64

Partida 401 Afirmado
Rendimiento 35.00 M3/DIA

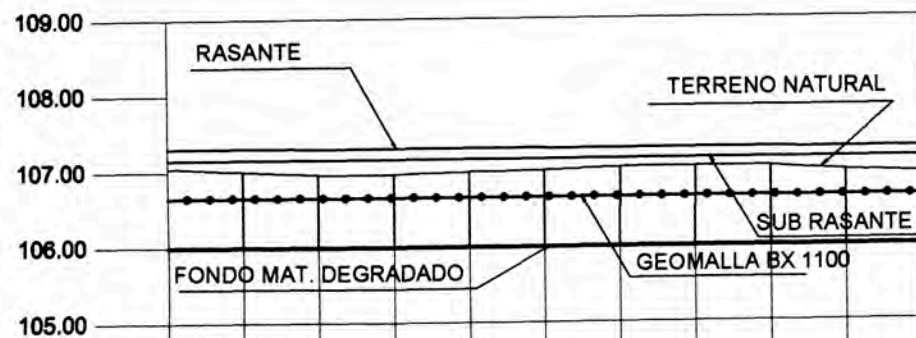
Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (\$/)	Parcial (\$/)	Sub Total (\$/)
Mano de Obra						
CAPATAZ	HH	1.00	0.23	12.10	2.77	
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	1.00	0.23	10.50	2.40	
PEON	HH	2.00	0.46	7.90	3.61	8.78
Materiales						
AGUA	M3		0.12	9.00	1.08	1.08
MATERIAL CHANCADO - AFIRMADO	M3		1.05	22.00	23.10	23.10
Equipos						
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA	HM	1.00	0.23	16.70	3.82	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.04	8.78	0.35	4.17
Costo unitario directo (\$/) por : M3						37.13

ANEXO 04
PLANOS



PLANTA
1 / 100

CORTE A - A
1 / 50



PROGRESIVA	0+000	0+001	0+002	0+003	0+004	0+005	0+006	0+007	0+008	0+009	0+100
COTA DE TERRENO	107.048	106.998	106.963	106.963	106.978	106.998	107.033	107.038	107.028	106.973	106.938
COTA DE RASANTE	107.30	107.298	107.296	107.294	107.292	107.29	107.286	107.286	107.284	107.282	107.28
COTA DE SUB RASANTE	107.15	107.15	107.15	107.15	107.15	107.15	107.15	107.15	107.15	107.15	107.15
ALTURA CORTE	0.398	0.348	0.313	0.313	0.328	0.348	0.383	0.388	0.378	0.323	0.288
PENDIENTE	0.20 %										

PERFIL LONGITUDINAL
H = 1 / 100
V = 1 / 100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
CURSO DE TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS
APLICACION DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: APLICACION DE GEOMALLAS EN VIAS AFIRMADAS

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

INTEGRANTES:
CABRERA CASTILLO, EDWARD
HERRERA ALEJOS, PAOLO
HUAMANI TINCO, CARLOS
MALDONADO VALENZUELA, MIRYAM
OCAÑA MEJIA, RENATO

GRUPO: GRUPO N° 4

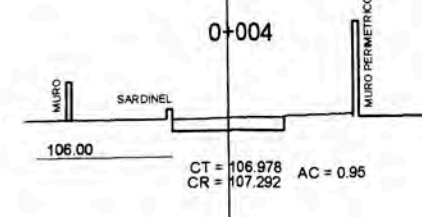
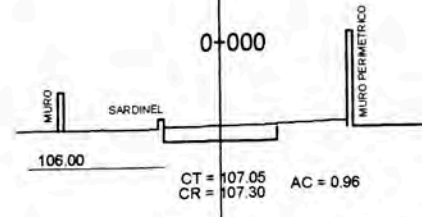
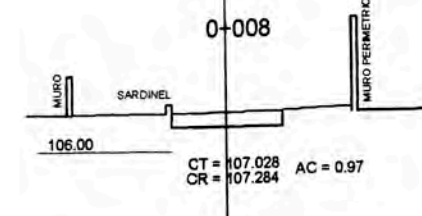
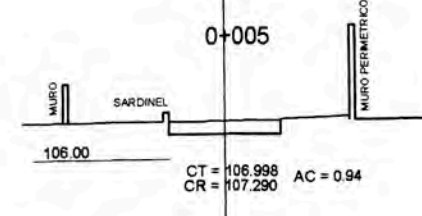
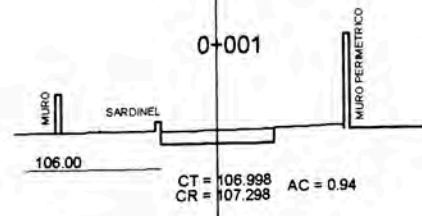
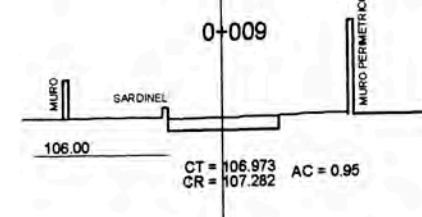
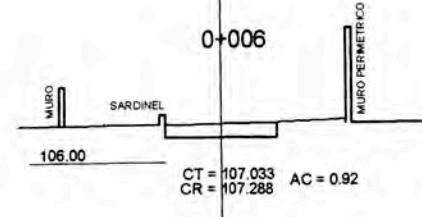
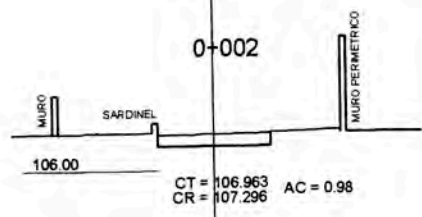
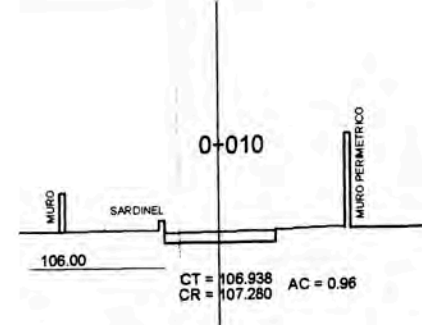
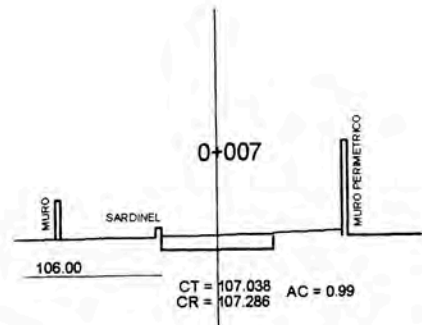
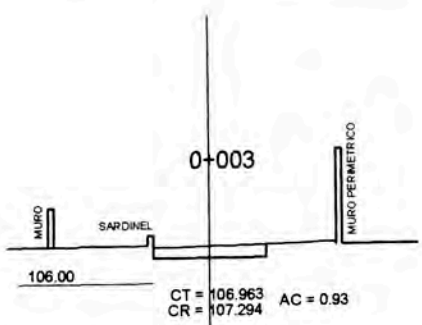
UBICACION: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - SECTOR K

AUTOCAD: CBR

FECHA: MAYO 2007

ESCALA: INDICADA

P-01



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA CURSO DE TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS APLICACION DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO: APLICACION DE GEOMALLAS EN VIAS AFIRMADAS			
PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES (0+000 - 0+010)			P-02
INTEGRANTES: CABRERA CASTILLO, EDWARD HERRERA ALEJOS, PAOLO HUAMAN TINCO, CARLOS MALDONADO VALENZUELA, MIRYAM OCAÑA MEJIA, RENATO		GRUPO: GRUPO N° 4 UBICACION: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - SECTOR K	
AUTORIZADO: CBR		FECHA: MAYO 2007 ESCALA: H = 1/200 V = 1/200	

N



SECTOR K

SECTOR J

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA

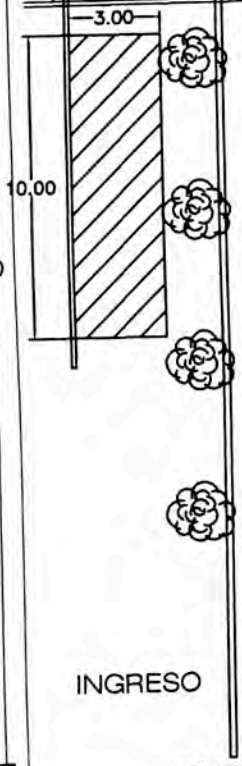
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

8'671,000 N

8'670,750 N

8'670,500 N

ZONA DE TRABAJO 10.00m x 3.00m



PASADIZO

LOCALIZACION 1 / 5,000

PASADIZO

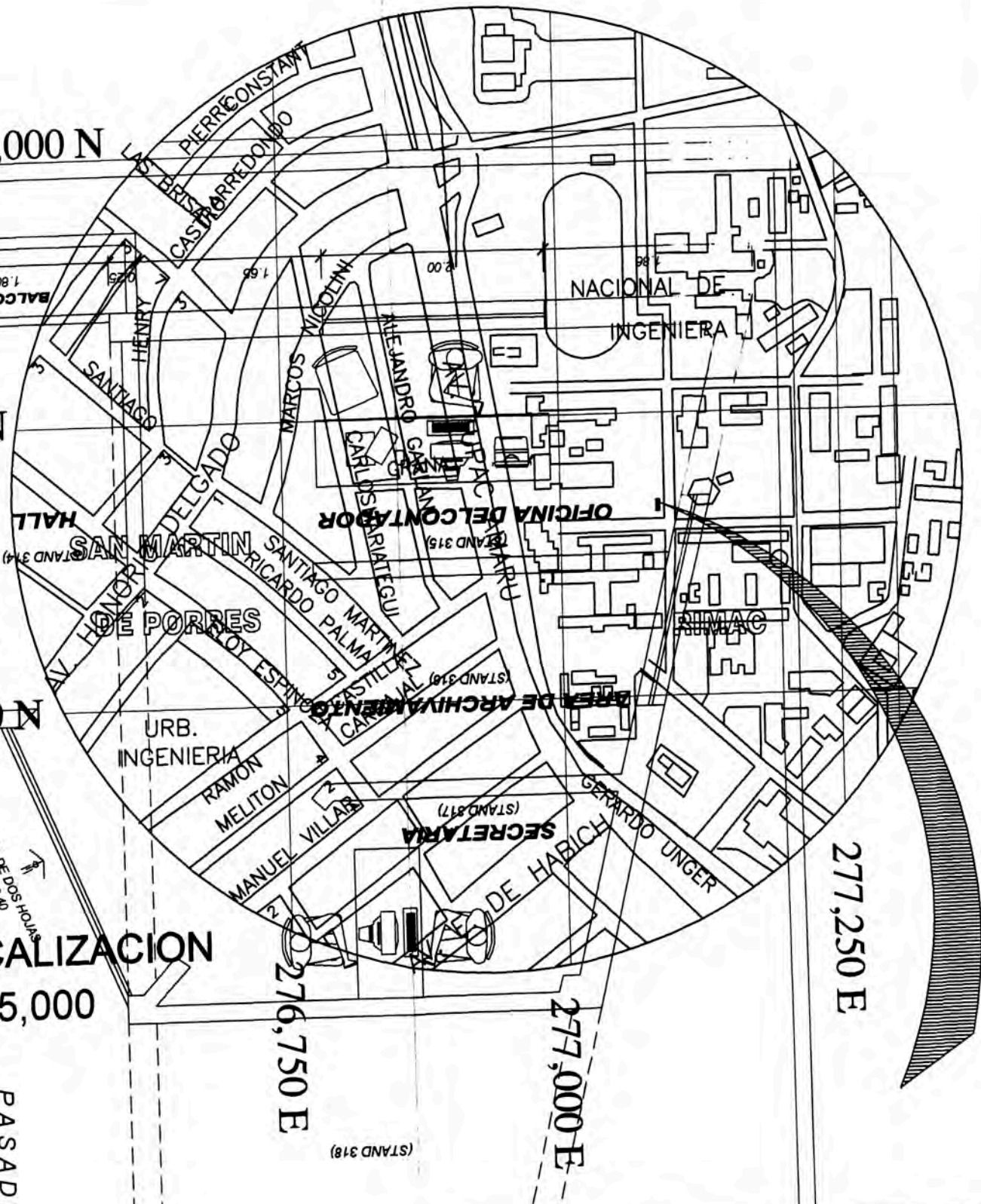
FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y ARTES

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

SECTOR H

SECTOR G

UBICACION 1 / 250



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
CURSO DE TITULACION POR ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS			
APLICACION DE GEOSINTETICOS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL			
PROYECTO: APLICACION DE GEOMALLAS EN VIAS AFIRMADAS			
PLANO: UBICACION - LOCALIZACION		PLANO N° U-01	
INTEGRANTES: CABRERA CASTILLO, EDWARD HERRERA ALEJOS, PAOLO HUAMANI TINCO, CARLOS MALDONADO VALENZUELA, MIRYAM OCAÑA MEJIA, RENATO		GRUPO: GRUPO N° 4	
AUTOCAD: CBR		FECHA: MAYO 2007	
		ESCALA: INDICADA	