

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



**AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA  
CAÑETE-YAUYOS-HUANCAYO DEL KM 165+000 AL  
KM 165+300**

**SUELOS Y PAVIMENTOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**WILLIAM FRANK GUZMAN VARGAS**

**Lima- Perú**

**2009**

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	5
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	7
<b>LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS</b> .....	8
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>CAPITULO I: RESUMEN DEL ESTUDIO DE PERFIL</b> .....	10
1.1 ASPECTOS GENERALES .....	10
1.1.1 UBICACIÓN .....	10
1.1.2 ANTECEDENTES .....	10
1.1.3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	10
1.2 IDENTIFICACIÓN .....	11
1.2.1 ÁREA DE INFLUENCIA.....	11
1.2.2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	12
1.2.3 CAUSAS Y EFECTOS.....	12
1.2.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	15
1.3 FORMULACIÓN.....	17
1.3.1 HORIZONTE DE EVALUACIÓN.....	17
1.3.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA .....	17
1.3.3 ANÁLISIS DE LA OFERTA.....	18
1.3.4 BALANCE OFERTA DEMANDA.....	21
1.3.5 COSTOS Y PRESUPUESTOS .....	24
1.4 EVALUACIÓN.....	25
1.4.1 BENEFICIOS.....	25
1.4.2 EVALUACIÓN SOCIAL .....	28
1.4.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	29
1.4.4 ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD .....	31
1.4.5 IMPACTO AMBIENTAL .....	31
1.4.6 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MAS CONVENIENTE .....	32
<b>CAPITULO II: GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA</b> .....	33
2.1 MARCO GEOLÓGICO .....	33
2.2 GEOLOGÍA DEL TRAZO .....	34
2.3 SECTORES AFECTADOS POR PROBLEMAS GEODINÁMICOS.....	

Y SECTORES CRÍTICOS – ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	38
<b>CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELOS .....</b>	<b>49</b>
3.1 INTRODUCCIÓN .....	49
3.2 INVESTIGACIONES DE CAMPO.....	51
3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO .....	54
3.4 REGISTRO DE EXCAVACIONES.....	55
3.1 DESCRIPCION DE PERFIL ESTATIGRAFICO.....	55
<b>CAPITULO IV: ESTUDIO DE CANTERA BOTADEROS Y FUENTES DE AGUA .....</b>	<b>57</b>
4.1 ESTUDIO Y SELECCIÓN DE CANTERAS .....	57
4.2 FUENTES DE AGUA Y BOTADERO .....	60
<b>CAPITULO V: PAVIMENTOS.....</b>	<b>63</b>
5.1 CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	63
5.1.1 DEFINICIÓN DEL PAVIMENTO.....	63
5.1.2 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	63
5.1.3 METODO AASHTO 1993 .....	63
5.2 DISEÑO DE PAVIMENTOS .....	74
5.2.1 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE .....	74
5.2.2 DISEÑO DE PAVIMENTO CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	
BICAPA (TSB).....	83
5.2.3 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO .....	88
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>94</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

El presente informe ha sido desarrollado con la finalidad de establecer los criterios de diseño y definir la ingeniería a nivel de detalle para la construcción del Proyecto Ampliación y Mejoramiento de la Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo en el tramo del Km. 165+000 al Km.165+300.

En este informe se describen y detallan las consideraciones geológicas y geotécnicas tomadas para el diseño de las estructuras viales propuestas.

En el capítulo I, se muestra un resumen del Estudio a nivel de Perfil de la Carretera Lunahuaná – Desv. Yauyos – Chupaca, como estudio preliminar e introductorio al Estudio a nivel de detalle desarrollado a partir del capítulo II.

En el Capítulo II, se hace un análisis de las condiciones geológicas y geodinámicas existentes en la zona. Con la información topográfica y la visita de campo realizada el 10 de abril del 2009 se evalúan las condiciones de estabilidad de los taludes, determinándose un talud de corte de H:V de 1:3 para suelos, material predominante en la zona. Se ha detectado presencia de afloramiento rocoso y roca fracturada en el tramo, se ha estimado que estos representan un 5% y 10% del total del material a excavar respectivamente. A lo largo de los 300 metros de carretera en el talud superior no se muestran condiciones de inestabilidad natural de los suelos, mostrándose una cubierta de vegetación sobre todo el talud superior, esta situación contribuye de manera favorable a la estabilidad de los suelos en la zona. Sin embargo se ha realizado un análisis de estabilidad de taludes en el talud inferior al lado derecho de la vía donde se ubica el pueblo de Alis para condiciones de tráfico futuro, con información bibliográfica se ha calculado que para situaciones locales estáticas y Pseudoestáticas los taludes necesitarán ser reforzados, para esto se propone un sistema de suelo reforzado en las zonas críticas.

En el capítulo III, se realiza una verificación del tipo de suelo de cimentación, con las muestras tomadas en campo durante la visita del 10 de abril y los ensayos de laboratorio. Los resultados verificaron la existencia de un suelo granular de



características favorables para la construcción de la vía. La información proporcionada por ICGCSA, Provias Nacional y la Asociación Ayesa - Alpha Consult fueron básicas para el desarrollo de esta etapa y para la determinación de los parámetros de diseño de pavimento.

En el Capítulo IV, se muestra el estudio de las canteras a utilizar en la construcción de la Carretera, en este capítulo se evalúa la información existente proporcionada por ICGCSA y Provias Nacional con los requerimientos técnicos normados por la EG-2000. Se proponen tres canteras: Cantera Chaucha para Base granular, cantera Ahuicho para relleno, Sub-Base granular y agregado para TSB y cantera San Blas para agregado de concreto hidráulico y carpeta asfáltica. Cada una de las canteras propone un tratamiento según el material a utilizar, sin embargo esto debe ser verificado con un nuevo muestreo y ensayos de laboratorio que corroboren y complementen la información existente. En este capítulo se plantea también la fuente de agua en la progresiva 160+500 y el botadero en la progresiva 181+000.

En el Capítulo V, se desarrollan los diseños de pavimentos para una vida útil de 20 años en tres alternativas: Pavimento flexible, Pavimento con TSB y Pavimento rígido. Al final de los diseños se elige una alternativa considerada como mejor opción de construcción en el periodo de vida útil. La alternativa de mejor comportamiento técnica-económica fue la de pavimento rígido, por su más bajo costo (tema desarrollado en el expediente de costos por no formar parte del alcance de este informe) en un análisis de vida útil de 20 años, menores periodos de mantenimiento, mayor durabilidad y resistencia al tránsito y condiciones de clima, mejor respuesta al medioambiente en cuestión de residuos y utilización y cierre definitivo de canteras.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N°1.1 – Tramificación y Características Principales Actuales .....	11
Cuadro N°1.2 – Sectorización de la Carretera según IMDa.....	18
Cuadro N°1.3 – Resumen de la Oferta Vial Tramo I-Situación “Sin Proyecto” .....	19
Cuadro N°1.4 – Resumen de la Oferta Vial Tramo II-Situación “Sin Proyecto” .....	19
Cuadro N°1.5 – Resumen de la Oferta Vial Tramo III-Situación “Sin Proyecto” .....	20
Cuadro N°1.6 – Resumen de la Oferta Vial Tramo IV-Situación “Sin Proyecto” .....	20
Cuadro N°1.7 – Resumen de la Oferta Vial-Situación “Con Proyecto” .....	21
Cuadro N°1.8 – Balance Oferta – Demanda Tramo I .....	21
Cuadro N°1.9 – Balance Oferta – Demanda Tramo II .....	22
Cuadro N°1.10 – Balance Oferta – Demanda Tramo III.....	22
Cuadro N°1.11 – Balance Oferta – Demanda Tramo IV .....	23
Cuadro N°1.12 – Mantenimiento Rutinario Situación “Base Optimizada” .....	24
Cuadro N°1.13 – Presupuesto de Obra – Alternativas I, II y III .....	24
Cuadro N°1.14 – Resumen de los Costos por Mantenimiento Rutinario y Periódico de las tres alternativas .....	25
Cuadro N°1.15 – Costos de Operación Vehicular (US\$-Veh-Km a Precios Sociales).....	26
Cuadro N°1.16 – Ahorros de Costos de Operación Vehicular Alternativa I.....	26
Cuadro N°1.17 – Ahorros de Costos de Operación Vehicular Alternativa II.....	27
Cuadro N°1.18 – Ahorros de Costos de Operación Vehicular Alternativa III.....	27
Cuadro N°1.19 – Costos de Inversión y Mantenimiento a Precios Económicos ..	28
Cuadro N°1.20 – Valor Actual Neto – Alternativa I (Afirmado).....	28
Cuadro N°1.21 – Valor Actual Neto – Alternativa II (TSB) .....	29
Cuadro N°1.22 – Valor Actual Neto – Alternativa III (Asfalto) .....	29
Cuadro N°1.23 – Primer Escenario-Variación de Costos de Inversión .....	30
Cuadro N°1.24 – Segundo Escenario-Variación de Tráfico Generado .....	30
Cuadro N°1.25 – Alternativa Seleccionada.....	32
Cuadro N° 2.1 – Sectorización del tramo en estudio según tipo de suelo.....	38

Cuadro N° 2.2 – Resumen de Parámetros Geotécnicos.....	43
Cuadro N°3.1 – Resumen de Ensayos de Laboratorio en el tramo 165+000 – 165+300.....	54
Cuadro N°5.1 Niveles de Confiabilidad.....	65
Cuadro N°5.2 Desviación Estándar Normal.....	65
Cuadro N°5.3 Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_0$ ) .....	67
Cuadro N°5.4 Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_T$ ) .....	67
Cuadro N°5.5 Niveles de Drenaje de la Estructura de Pavimento .....	70
Cuadro N 5.6 – valores de $m_i$ recomendados para los coeficientes de capa modificados de materiales de base y sub base no tratada de pavimentos .....	71
Cuadro N°5.7 – Espesores mínimos según número de ejes equivalentes.....	73

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Árbol de Causas y Efectos .....	14
Figura 1.2 – Árbol de Medios y Fines .....	16
Figura 2.1 – Geología del Tramo 165+000 al 165+300 .....	37
Figura 2.2 – Sección de Corte Progresiva 165+080 .....	40
Figura 2.3 – Sección de Corte Progresiva 165+140 .....	41
Figura 2.4 – Análisis Estático de Estabilidad de Talud Prog. 165+060 .....	44
Figura 2.5 – Análisis Estático de Estabilidad de Talud Prog. 165+110 .....	45
Figura 2.6 – Análisis Pseudo-estático de Estabilidad de Talud Prog. 165+060 ..	46
Figura 2.7 – Análisis Pseudo-estático de Estabilidad de Talud Prog. 165+110 ..	47
Figura 3.1 – Ubicación del Proyecto.....	50
Figura 3.2 – Ubicación de Calicatas realizadas.....	53
Figura 3.3 – Perfil Estratigráfico .....	56
Figura 4.1 – Ubicación de Canteras, Fuentes de Agua y Botaderos.....	62
Figura 5.1 – Estructura del Pavimento Flexible: 1era Etapa de 10 años.....	77
Figura 5.2 – Vida Remanente.....	80
Figura 5.3 – Estructura del Pavimento con TSB: 1era Etapa de 10 años .....	83
Figura 5.4 – Estructura del Pavimento rígido: Etapa de 20 años .....	92

## LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
TSB	Tratamiento Superficial Bicapa
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
B/C	Beneficio / Costo
EE	Eje Equivalente
R	Confiabilidad
PSI	Índice de Serviciabilidad Presente
$M_R$	Módulo Resiliente
CBR	California Bearing Ratio
SN	Número Estructural
$Z_R$	Desviación Estándar Normal
$W_{18}$	Número estimado de ejes simples equivalentes a 8.2tn.
$S_o$	Error estándar
$\Delta PSI$	Diferencia de serviciabilidad
$a_i$	Coefficiente estructural de la capa "i"
$D_i$	Espesor de la capa "i"
$m_i$	Coefficiente de drenaje de la capa gradual "i"

## INTRODUCCIÓN

Actualmente el MTC está priorizando el mejoramiento y rehabilitación de carreteras para promover el desarrollo social y económico, fundamentalmente el desarrollo de carreteras, que integran efectivamente zonas alejadas y aisladas del país con centros dinámico económicos.

Mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02, se creó el Programa "Proyecto Perú", programa de infraestructura vial diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal.

El presente informe desarrolla la ingeniería a nivel de detalle del tramo 165+000 – 165+300 de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, carretera que pertenece a la red Vial Nacional, y que pretende fomentar el desarrollo del país integrando dos importantes centros económicos como son Lima y Huancayo.

La vía Cañete – Yauyos – Huancayo se ubica en los departamentos de Lima y Junín, iniciándose en Cañete en el Km. 0+000 a una altitud aproximada de 71 msnm hasta el pueblo de Chupaca en el Km. 271+726 a una altitud de 3270 msnm. En la Figura 3.1 se muestra la ubicación del proyecto.

En este informe se desarrolla la ingeniería a nivel de detalle en la especialidad de Suelos y Pavimentos del Proyecto Ampliación y Mejoramiento de la Carretera Cañete - Yauyos – Huancayo en el tramo 165+000 - 165+300. En este estudio se desarrollan y determinan los conceptos básicos de geología y geotecnia para la construcción de la carretera.

Para la realización de este estudio se ha recopilado información existente de estudios previos, y se han desarrollado nuevas investigaciones que complementan y proponen la ingeniería a desarrollar para la construcción de la carretera.

## **CAPITULO I**

### **RESUMEN DEL ESTUDIO DE PERFIL**

#### **1.1 ASPECTOS GENERALES**

##### **1.1.1 UBICACIÓN**

El proyecto: Estudio de Pre Inversión a nivel de Perfil de la **"Ampliación y Mejoramiento de la carretera Lunahuaná – Desv. Yauyos - Chupaca"**, se inicia a la salida de Lunahuaná km 40+950 de la Ruta Nacional N22 y finaliza en el centro poblado de Chupaca km 271+726, con una altitud variable entre 523 y 3270 m.s.n.m.

##### **1.1.2 ANTECEDENTES**

Para fines de evaluación del presente Estudio de Pre-Inversión a nivel de Perfil se considerará que toda la carretera se encuentra a nivel de afirmado en mal estado.

El tramo presenta una topografía ondulada y accidentada, con pendientes suaves, con una rasante en general en buen estado, poco accidentada salvo en zonas puntuales.

El flujo vehicular existente entre Lunahuaná y Chupaca, tiene la condición de Regular.

##### **1.1.3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS**

El proyecto Ampliación y Mejoramiento de la carretera Lunahuaná – Desv. Yauyos – Chupaca, con 230.78 kilómetros, presenta tres (03) alternativas, que posterior a la evaluación técnica-económica, se seleccionará aquella que represente la mejor solución.

###### **Alternativa 01**

Esta alternativa propone un Pavimento Afirmado, de 15 o 20 cm de espesor, con cunetas triangulares revestidas, construcción y rehabilitación de obras de arte y drenaje, señalización, a lo largo de los 230.78 kilómetros de la carretera.

###### **Alternativa 02**

Esta alternativa propone un Pavimento con Tratamiento Superficial Bicapa, con

cunetas triangulares revestidas, construcción y rehabilitación de obras de arte y drenaje, señalización, a lo largo de los 230.78 kilómetros de la carretera.

### Alternativa 03

Se propone un Pavimento con Asfalto en Caliente, con cunetas triangulares revestidas, construcción y rehabilitación de obras de arte y drenaje, señalización, a lo largo de los 230.78 kilómetros de la carretera.

## 1.2 IDENTIFICACIÓN

### 1.2.1 ÁREA DE INFLUENCIA

El tramo en estudio se encuentra en los Departamentos de Lima y Junín. En el Departamento de Lima recorre la provincia de Cañete, pasando por los distritos de Lunahuaná, Pacarán y Zúñiga; en la provincia de Yauyos pasa por los distritos de Catahuasi, Ayanca, Yauyos, Catania, Miraflores, Alis y Tomas. En el Departamento de Junín recorre la provincia de Chupaca, pasando por los distritos de Jarpa, Ahuac y Chupaca; en la provincia de Concepción pasa por los distritos de San José de Quero y Chambará.

Cuadro 1.1 Tramificación y características Principales Actuales

Tramo	Itinerario	Longitud (Km)	Región	Superficie	Topografía	Condición	IMDa	Clasificación según IMD
I	Lunahuaná – Zúñiga	15.65	Costa	Trocha	Ondulada	Malo	400	2da Clase
II	Zúñiga – Devs. Yauyos	70.4	Sierra	Trocha	Accidentada	Malo	48	3ra Clase
III	Devs. Yauyos – Ronchas	128.2	Sierra	Trocha	Accidentada	Malo	356	3ra clase
V	Ronchas - Chupaca	16.50	Sierra	Trocha	Accidentada	Malo	469	2da Clase

Los beneficiarios directos de la Ampliación y Mejoramiento de la vía son los pobladores de las localidades de Lunahuaná, Pacarán, Zúñiga, Calachota, Magdalena, Yauyos, Alis, Tomas, Tinco de Yauricocha, San José de Quero,



Chaquicocha, Collpa, Roncha, Huarisca y Chupaca y zonas aledañas.

## **1.2.2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

### **SITUACION Y PROBLEMÁTICA**

#### *Motivos que generaron la propuesta del Proyecto*

Actualmente el MTC está priorizando el mejoramiento y rehabilitación de carreteras para promover el desarrollo social y económico, fundamentalmente el desarrollo de carreteras que integran efectivamente zonas alejadas y aisladas del país con centros dinámico económicos. Es bajo este contexto que el presente estudio coincide con las aspiraciones de diversas localidades de la zona de influencia, estableciendo ello la prioridad para la iniciación de los estudios de preinversión a nivel de perfil.

#### *Estado Actual*

Los vehículos transitan con dificultad y a baja velocidad, debido a que su superficie de rodadura no cuenta con base afirmada presentando ondulaciones y encalaminado, situación que se agrava en épocas de precipitaciones pluviales, donde se activan las quebradas, quedando intransitable por falta de obras de arte y drenaje.

#### *Razones de interés de las Comunidades*

La carretera materia del presente estudio, es de suma importancia para el desarrollo de la zona, tanto social como económicamente, siendo esta zona agrícola, ganadera y minera, necesita de la vía para poder sacar la producción y llevarla al mercado local y posteriormente regional para su comercialización.

#### *Competencia del Estado Peruano*

Dentro de los objetivos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones se encuentra que debe dotar de infraestructura vial adecuada para un sistema de transporte eficiente, por lo tanto compete a Provías Nacional, atender la demanda de esta carretera para promover un servicio de transporte terrestre eficiente y seguro.

## **1.2.3 CAUSAS Y EFECTOS**

Con base en el diagnostico realizado se ha identificado la existencia del siguiente problema central, la población del área de influencia identificado en el

presente estudio, afronta **"Deficiente nivel de Transitabilidad que perjudica la integración económica con los corredores dinámicos de Lima – Cañete y Huancayo - Lima"**.

#### **Causas Indirectas:**

- Carencia de estudios técnicos para ejecución de obras civiles.
- Desconocimiento de técnicas constructivas en ingeniería vial.
- Carencia de presupuesto para el mantenimiento vial.
- Escaso poder de gestión por partes de las autoridades locales.
- Desconocimiento de los pobladores sobre la importancia de la conservación vial.
- Desinterés y desorganización de los pobladores en participar en faenas de mantenimiento vial.

#### **Causas Directas:**

- Estado Actual de las vías de comunicación.
- Ausencia de mantenimiento de la infraestructura vial.
- Desconocimiento de los impactos positivos de la conservación de la red vial.

#### **Efectos Indirectos:**

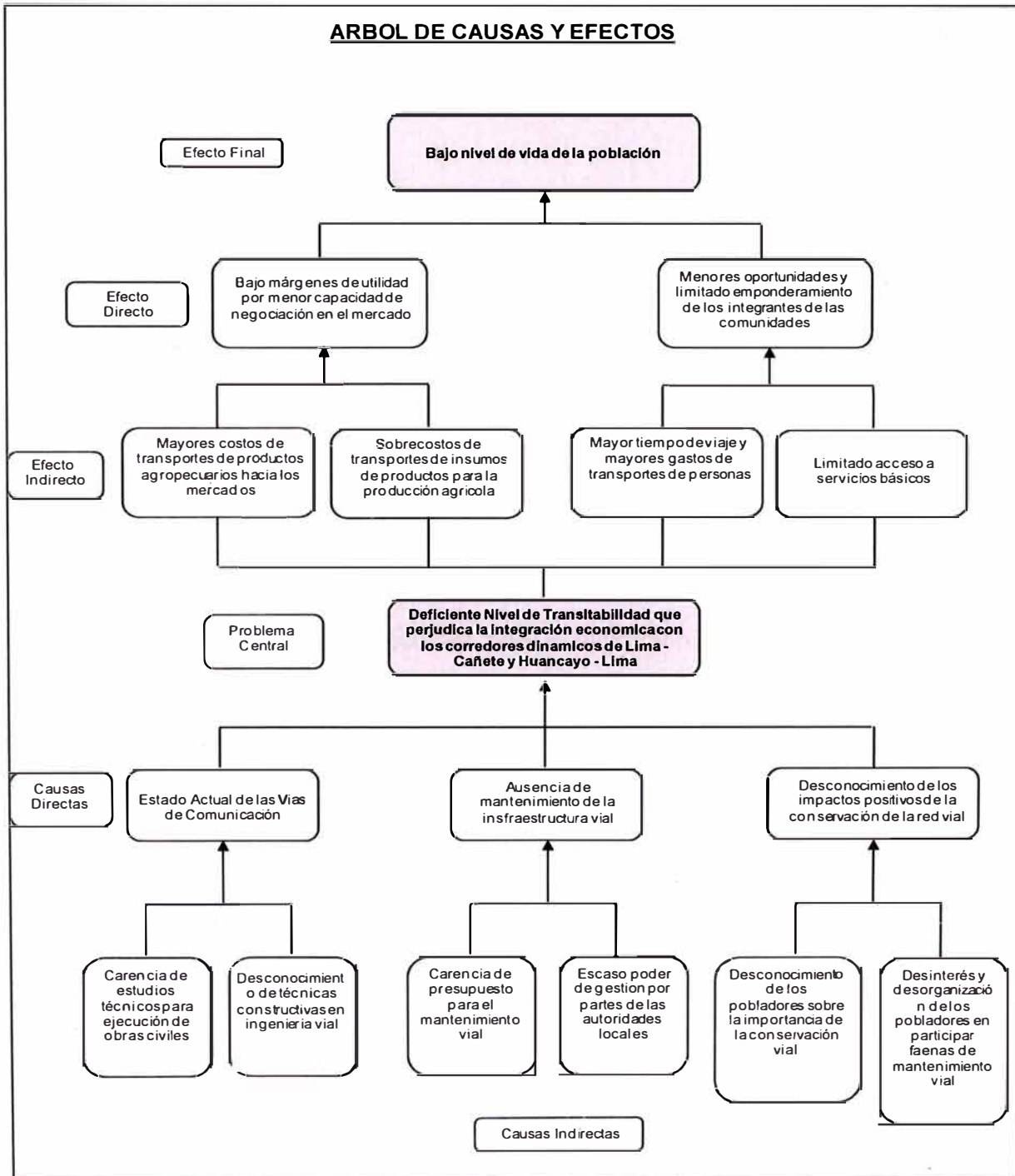
- Mayores costos de transporte de productos agropecuarios hacia los mercados.
- Sobre costos de transporte de insumos de productos para la producción agrícola.
- Mayor tiempo de viaje y mayores gastos de transporte de personas.
- Limitado acceso a servicios básicos.

#### **Efectos Directos:**

- Bajo márgenes de utilidad por menor capacidad de negociación en el mercado.
- Menores oportunidades de los integrantes de las comunidades.

Todos estos efectos contribuyen a un efecto final expresado como: **"Bajo nivel de vida de la Población"**

Figura 1.1. **Árbol de causas y efectos**



## 1.2.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

### PROBLEMA CENTRAL

" Deficiente nivel de Transitabilidad que perjudica la integración económica con los corredores dinámicos de Lima – Cañete y Huancayo - Lima".

### OBJETIVO CENTRAL

"Mejorar el nivel de Transitabilidad que Facilite la integración económica con los corredores dinámicos de Lima – Cañete y Huancayo - Lima".

### OBJETIVO GENERAL

Vista la problemática, el objetivo que plantea el proyecto es "Garantizar la transitabilidad vehicular entre los centros poblados y su interconexión con los mercados de consumo".

### Medios Fundamentales:

Los medios para alcanzar los objetivos son:

- Elaboración de estudios técnicos para la ejecución de obras viales.
- Conocimientos de técnicas constructivas en ingeniería vial.
- Asignación de partidas presupuestales para el mantenimiento vial.
- Conocimiento y gerencia de una cultura de la conservación vial de la comunidad.

### Medios de primer nivel:

- Eficiente diseño técnico de la red vial
- Presencia de mantenimiento de la infraestructura vial
- Conocimiento de los impactos positivos de la conservación de la red vial.

### Fines Directos:

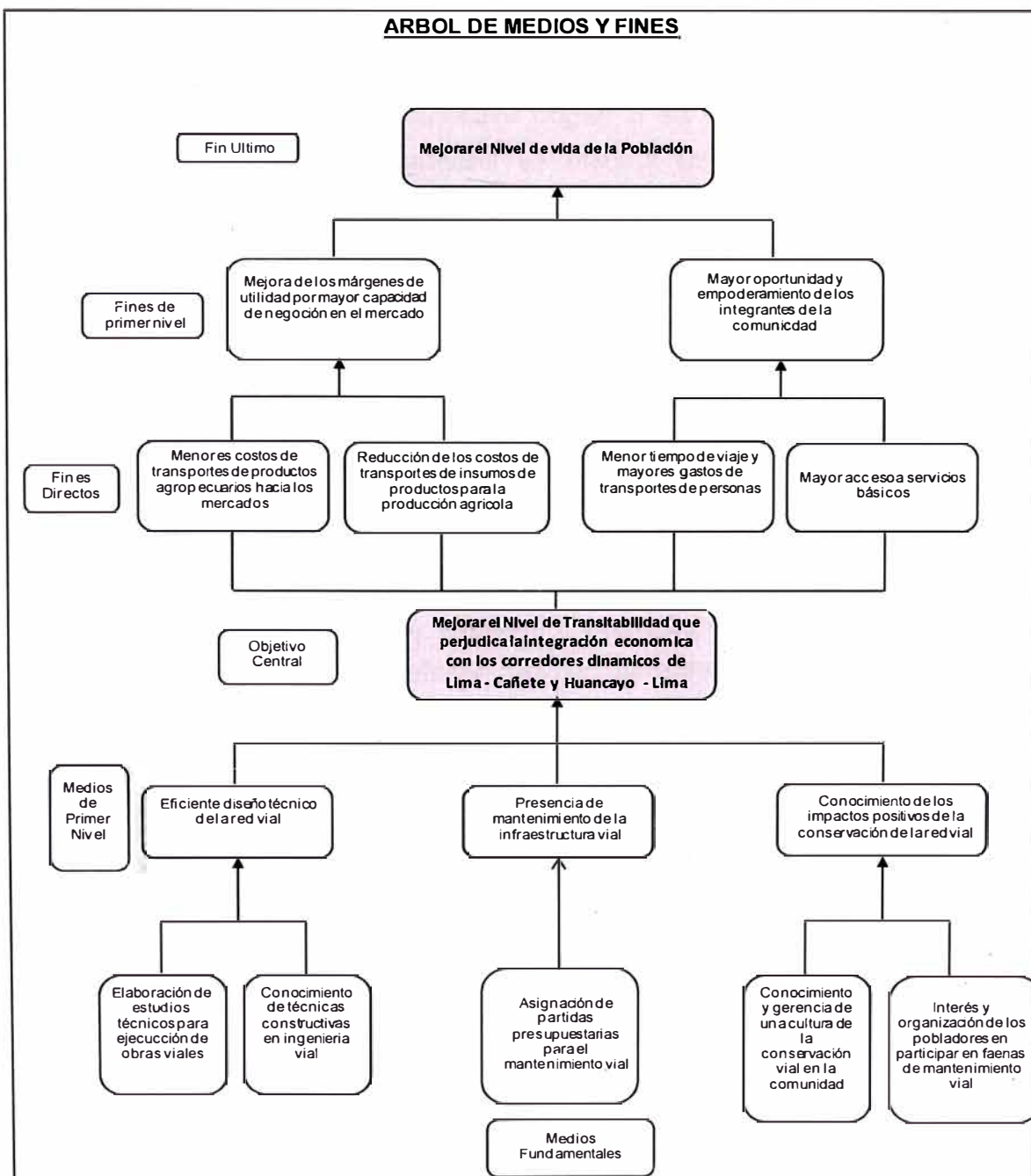
- Menores costos de transporte de productos agropecuarios hacia los mercados.
- Reducción de los costos de transporte de insumos de productos para la producción agrícola.
- Menor tiempo de viaje y menores gastos de transporte de personas.
- Mayor acceso a servicios básicos.

**Fines de primer nivel:**

- Mejora de los márgenes de utilidad por mayor capacidad de negociación en los mercados.
- Mayor oportunidad de los integrantes de la comunidad.

Todos estos fines conllevan a un fin último expresado como **"Mejorar el Nivel de vida de la Población"**

**Figura 1.2. Árbol de medios y fines**



## 1.3 FORMULACION

### 1.3.1 HORIZONTE DE EVALUACIÓN

Según la Directiva General del Sistema Nacional Resolución Directoral No. 009-2007-EF/68.01 Anexo SNIP 09 indica que el período de evaluación de un PIP no será mayor de diez años. Dicho período deberá definirse en el perfil y mantenerse durante todas las fases del proyecto.

### 1.3.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

#### DEMANDA SITUACION “SIN PROYECTO”

La demanda de un tramo vial está constituida por el tráfico que hace uso de él para desplazarse desde su respectivo origen a su correspondiente destino y viceversa. Para el presente análisis se efectuó un estudio de tráfico y se establecieron sus respectivas tasas de crecimiento con las cuales se realizaron las proyecciones del tráfico o Demanda que soporta la vía del proyecto. Con este Estudio de Tráfico efectuado en la zona del proyecto, aplicándose sus correspondientes factores de corrección mensual y estacional se determinó el Índice Medio Diario Anual (IMDa) o tráfico promedio anual del proyecto, mostrados en el cuadro 1.2.

#### DEMANDA SITUACION “CON PROYECTO”

Se estima que el flujo vehicular se incrementará con el proyecto en un 60% (tráfico generado) considerando que su intervención mejorará la transitabilidad de los vehículos que se desplazan por la carretera Lunahuaná – Zuñiga - Desv. Yauyos – Chupaca. Esta estimación es producto del análisis de los siguientes factores:

**Factores directos:** Rehabilitación de la vía.

**Factores indirectos:** Mayor rendimiento de las áreas de cultivo y brindar el acceso necesario para el desarrollo de las explotaciones mineras y comerciales en la zona de influencia del proyecto.

**Tráfico Normal:** Las Proyecciones del Tráfico Normal se realizaron a lo largo del horizonte del proyecto (10 años), y la tasa de 6.5 para camiones que corresponde al PBI de Lima entre los años 2001 y 2007 y 1.5 para vehículos

ligeros que corresponde al crecimiento poblacional de Lima en promedio desde el 2001 al 2008.

**Tráfico Generado:** Considerando que el proyecto mejora el nivel de transitabilidad de la carretera se espera generar un incremento del 60% del tráfico normal a partir de su puesta en funcionamiento (año 2010). Tenemos como antecedentes el crecimiento de tráfico generado en más de 200% en las carreteras:

- Arequipa – Juliaca
- Pisco – Ayacucho.

**Tráfico Total con Proyecto:** Las Proyecciones del Tráfico Total, a lo largo del horizonte del proyecto (10 años).

### 1.3.3 ANÁLISIS DE LA OFERTA

Del Estudio de Tráfico, se tiene los siguientes IMDa:

Cuadro 1.2 Sectorización de la carretera según IMDa

N°	TRAMO	LONGITUD (KM)	REGIÓN	IMDA
I	Lunahuaná – Zuñiga	15.65	Costa	400
II	Zuñiga – Desv. Yauyos	70.4	Sierra	48
III	Desv. Yauyos – Ronchas	128.2	Sierra	356
IV	Ronchas – Chupaca	16.5	Sierra	469

#### Oferta “Sin proyecto”

##### Tramo I: Lunahuaná – Zuñiga

La carretera Lunahuaná – Zuñiga, con un IMD de 400 veh/día constituye una vía de 2da Clase, según El Sistema Nacional de Carreteras, pertenece a la red Nacional. Esta carretera permite el acceso a Lunahuaná, Zuñiga y demás centros poblados a lo largo del tramo. En la situación actual, se contempla



ofertar el mantenimiento de la vía en forma optimizada, con lo cual se espera mantener un flujo vehicular en forma constante, sin generar un incremento en el número de vehículos que atiende la carretera en la zona de influencia. En el cuadro 1.3 se muestra el resumen de la situación actual.

La velocidad promedio en esta vía es de 35 Km/h, con una pendiente máxima de 10% y pendiente promedio de 4% aproximadamente.

Cuadro 1.3. Resumen de la oferta vial Tramo I – Situación “Sin Proyecto”.

TRAMO	LONGITUD (Km)	CARACTERISTICAS	ANCHO (m)	PENDIENTE PROMEDIO	ESTADO
Lunahuaná – Pacaran– Zuñiga	15.65	Costa, ondulada, Trocha	6.60	4%	Malo

### Tramo II: Zuñiga – Desv. Yauyos

La carretera Zuñiga – Dv. Yauyos, con un IMD de 48 veh/día, constituye una vía de 3ra Clase, clasificada de esa forma dentro del Sistema Nacional de Carreteras, pertenece a la red Nacional. Esta carretera permite el acceso a los poblados de Zuñiga, Yauyos y demás centros poblados a lo largo del tramo. En la situación actual, se contempla ofertar el mantenimiento de la vía en forma optimizada, con lo cual se espera mantener un flujo vehicular en forma constante, sin generar un incremento en el número de vehículos que atiende la carretera en la zona de influencia. En el cuadro 1.4 se muestra el resumen de la situación actual.

La velocidad promedio en esta vía es de 25 Km/h, con una pendiente promedio de 7% aproximadamente.

Cuadro 1.4. Resumen de la oferta vial Tramo II – Situación “Sin Proyecto”.

TRAMO	LONGITUD (Km)	CARACTERISTICAS	ANCHO (m)	PENDIENTE PROMEDIO	ESTADO
Zuñiga – Desv. Yauyos	70.40	Sierra, accidentada, trocha	4.90	7%	Malo



### Tramo III: Desv. Yauyos – Ronchas

La carretera Desv. Yauyos – Ronchas, con un IMD 356 veh/día, constituye una vía de 3ra Clase, clasificada de esa forma dentro del Sistema Nacional de Carreteras, perteneciente a la red Nacional. Esta carretera permite el acceso a Yauyos, Ronchas, y demás centros poblados a lo largo del tramo. En la situación actual, se contempla ofertar el mantenimiento de la vía en forma optimizada, con lo cual se espera mantener un flujo vehicular en forma constante, sin generar un incremento en el número de vehículos que atiende la carretera en la zona de influencia. En el cuadro 1.5 se muestra el resumen de la situación actual.

La velocidad promedio en esta vía es de 25 Km/h, con una pendiente promedio de 7% aproximadamente.

Cuadro 1.5. Resumen de la oferta vial Tramo III – Situación “Sin Proyecto”.

TRAMO	LONGITUD (Km)	CARACTERISTICAS	ANCHO (m)	PENDIENTE PROMEDIO	ESTADO
Desv. Yauyos – Ronchas	128.20	Sierra, accidentada, trocha	4.80	7%	Malo

### Tramo IV: Ronchas - Chupaca

La carretera Ronchas - Chupaca, con un IMD 469 veh/día constituye una vía de 2da Clase, clasificada de esa forma dentro del Sistema Nacional de Carreteras, perteneciente a la red Nacional. Esta carretera permite el acceso a Ronchas, Chupaca, y demás centros poblados a lo largo del tramo. En la situación actual, se contempla ofertar el mantenimiento de la vía en forma optimizada, con lo cual se espera mantener un flujo vehicular en forma constante, sin generar un incremento en el número de vehículos que atiende la carretera en la zona de influencia. En el cuadro 1.6 se muestra el resumen del estado actual de la vía.

La velocidad promedio en esta vía es de 25 Km/h, con una pendiente promedio de 3% aproximadamente.

Cuadro 1.6. Resumen de la oferta vial Tramo IV – Situación “Sin Proyecto”.

TRAMO	LONGITUD Km.	CARACTERISTICAS	ANCHO (m)	PENDIENTE PROMEDIO	ESTADO
Ronchas – Chupaca	16.50	Sierra, accidentada, trocha	5.40	3%	Malo

## Oferta “Con proyecto”

Se plantea mejorar la transitabilidad de la carretera Lunahuaná – Desv. Yauyos – Chupaca, en base a las siguientes actividades viales: Ampliación y Mejoramiento de Subrasante, colocación de TSB a lo largo de todo el tramo. Construcción de Obras de Arte y Drenaje, Señalización y atención de zonas críticas

Cuadro 1.7. Resumen de la oferta vial Situación “Con Proyecto”

TRAMO	LONGITUD (Km.)	SUPERFICIE	ANCHO (m)	PENDIENTE MAXIMA	ESTADO
Lunahuaná – Desv. Yauyos – Chupaca	230.75	TSB	6.60	8%	Bueno

### 1.3.4 BALANCE OFERTA - DEMANDA

Para los cuatro (04) tramos integrantes de la carretera Lunahuaná – Desv. Yauyos – Chupaca se considerado el Balance Oferta – Demanda, según se muestra en los cuadros siguientes:

#### Tramo I: Lunahuaná – Zuñiga

Cuadro 1.8. Balance Oferta – Demanda Tramo I

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CARRETERA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
IMD	> 400 vehículos/día	> 400 vehículos/día	> 400 vehículos/día
Longitud	15.65 Km.	15.65 Km.	15.65 Km.
Orografía	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 3
Velocidad Directriz	50 Km/h	50 Km/h	50 Km/h
Pendiente Máxima	8%	8%	8%
Radio Mínimo	70 m.	70 m	70 m
Ancho de superficie de rodadura	6.60 m	6.60 m	6.60 m
Berma	1.20 m	1.20 m	1.20 m
Bombeo	3%	3%	3%

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CARRETERA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Cunetas	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m
Carpeta de Rodadura	Afirmado	TSB	Asfaltado

### Tramo II: Zuñiga- Desv. Yauyos

Cuadro 1.9. Balance Oferta – Demanda Tramo II

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CARRETERA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
IMD	< 400 vehículos/día	< 400 vehículos/día	< 400 vehículos/día
Longitud	70.40 Km.	70.40 Km.	70.40 Km.
Orografía	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 3
Velocidad Directriz	40 Km/h	40 Km/h	40 Km/h
Pendiente Máxima	8%	8%	8%
Radio Mínimo	45 m.	45 m.	45 m.
Ancho de superficie de rodadura	6.00 m	6.00 m	6.00 m
Berma	0.50 m	0.50 m	0.50 m
Bombeo	3%	3%	3%
Cunetas	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m
Carpeta de Rodadura	Afirmado	TSB	Asfaltado

### Tramo III: Desv. Yauyos – Ronchas

Cuadro 1.10. Balance Oferta – Demanda Tramo III

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CARRETERA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
IMD	< 400 vehículos/día	< 400 vehículos/día	< 400 vehículos/día

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CARRETERA</b>	<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>ALTERNATIVA 3</b>
Longitud	128.20 Km.	128.20 Km.	128.20 Km.
Orografía	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 3
Velocidad Directriz	40 Km/h	40 Km/h	40 Km/h
Pendiente Máxima	8%	8%	8%
Radio Mínimo	45 m.	45 m.	45 m.
Ancho de superficie de rodadura	6.00 m	6.00 m	6.00 m
Berma	0.50 m	0.50 m	0.50 m
Bombeo	3%	3%	3%
Cunetas	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m
Carpeta de Rodadura	Afirmado	TSB	Asfaltado

#### Tramo IV: Ronchas – Chupaca

Cuadro 1.11. Balance Oferta – Demanda Tramo IV

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CARRETERA</b>	<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>ALTERNATIVA 3</b>
IMD	> 400 vehículos/día	> 400 vehículos/día	> 400 vehículos/día
Longitud	16.50 Km.	16.50 Km.	16.50 Km.
Orografía	Tipo 3	Tipo 3	Tipo 3
Velocidad Directriz	50 Km/h	50 Km/h	50 Km/h
Pendiente Máxima	8%	8%	8%
Radio Mínimo	70 m.	70 m	70 m
Ancho de superficie de rodadura	6.60 m	6.60 m	6.60 m
Berma	1.20 m	1.20 m	1.20 m
Bombeo	3%	3%	3%
Cunetas	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m	Revestidas de sección triangular de 0.75x0.30 m

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA CARRETERA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Carpeta de Rodadura	Afirmado	TSB	Asfaltado

### 1.3.5 COSTOS Y PRESUPUESTOS

#### COSTOS DE MANTENIMIENTO PARA LA SITUACION “BASE OPTIMIZADA”

Son los costos que se asumiría para realizar un adecuado programa de mantenimiento a la carretera existente que comprende la ejecución de un mantenimiento rutinario. Este presupuesto asciende a un total de S/. 3,461,700 Estos costos, en forma unitaria y por año se presentan en los cuadros siguientes

Cuadro 1.12. Mantenimiento Rutinario Situación “Base Optimizada”.

TRAMO	DESCRIPCION	Km	PRESUPUESTO (\$)	PARCIAL
I	Lunahuaná - Zuñiga	15.64	15000.00	234600.00
II	Zuñiga - Dv. Yauyos	70.40	15000.00	1056000.00
III	Dv. Yauyos - Ronchas	128.20	15000.00	1923000.00
IV	Ronchas - Chupaca	16.54	15000.00	248100.00

#### COSTOS DE INVERSION PARA LA SITUACION “CON PROYECTO”

Para las alternativas I, II y III se han estimado sus correspondientes costos de inversión por km. Se considera que la inversión se ejecutará en el primer año del proyecto, considerado año cero para estos efectos.

Cuadro 1.13. Presupuesto de obra – Alternativas I, II y III.

ALTERNATIVA	PROYECTO	COSTO POR OBRA \$ x KM	ESTUDIO %	SUPERVISOR %	TOTAL (\$)
ALTERNATIVA III	ASFALTADO	607,835.00	2.00%	5.00%	650,383
ALTERNATIVA II	TSB	486,268.00	2.00%	5.00%	520,307
ALTERNATIVA I	AFIRMADO	425,485.00	2.00%	5.00%	455,269

## COSTOS DE MANTENIMIENTO PARA LA SITUACION “CON PROYECTO”

Las actividades de mantenimiento comprenden tratamientos rutinarios y periódicos, los cuales se presentan en los siguientes cuadros, tanto en términos de niveles de obras como de costos.

Cuadro 1.14. Resumen de los costos por mantenimiento Rutinario y Periódico de las tres alternativas

ALTERNATIVA A				
Descripcion	Proyecto	Km	Presupuesto (\$)	Parcial
Lunahuana - Zuñiga	Tratamiento Superficial Bicapa	15.64	8,000.00	125,120.00
Zuñiga - Dv Yauyos	Tratamiento Superficial Bicapa	70.40	8,000.00	563,200.00
Dv. Yauyos - Ronchas	Tratamiento Superficial Bicapa	128.20	8,000.00	1,025,600.00
Ronchas - Chupaca	Tratamiento Superficial Bicapa	16.54	8,000.00	132,320.00
			<b>TOTAL</b>	<b>1,846,240.00</b>

ALTERNATIVA B				
Descripcion	Proyecto	Km	Presupuesto (\$)	Parcial
Lunahuana - Zuñiga	Asfaltado	15.64	5,000.00	78,200.00
Zuñiga - Dv Yauyos	Tratamiento Superficial Bicapa	70.40	8,000.00	563,200.00
Dv. Yauyos - Ronchas	Tratamiento Superficial Bicapa	128.20	8,000.00	1,025,600.00
Ronchas - Chupaca	Asfaltado	16.54	5,000.00	82,700.00
			<b>TOTAL</b>	<b>1,749,700.00</b>

ALTERNATIVA C				
Descripcion	Proyecto	Km	Presupuesto (\$)	Parcial
Lunahuana - Zuñiga	Asfaltado	15.64	5,000.00	78,200.00
Zuñiga - Dv Yauyos	Afirmado	70.40	11,000.00	774,400.00
Dv. Yauyos - Ronchas	Asfaltado	128.20	5,000.00	641,000.00
Ronchas - Chupaca	Asfaltado	16.54	5,000.00	82,700.00
			<b>TOTAL</b>	<b>1,576,300.00</b>

## 1.4 EVALUACIÓN

La carretera Lunahuaná – Desv. a Yauyos – Chupaca, se sectorizó en cuatro (04) tramos, en el presente informe se muestra un análisis detallado por cada tramo, de modo de tener el análisis de todo el tramo de la carretera en estudio.

### 1.4.1 BENEFICIOS

Los beneficios del proyecto corresponden a los beneficios por ahorro en los costos de operación vehicular incluyendo en el mismo el ahorro por tiempo de viaje, de los beneficiarios directos del proyecto. Los COVs utilizados incluyen el costo por tiempo de viaje.



## BENEFICIOS POR AHORROS EN COSTOS DE OPERACIÓN VEHICULAR

En el siguiente cuadro se presentan los Costos de Operación Vehicular a Precios Económicos por tipo de vehículo y alternativa.

Cuadro 1.15. Costos de operación vehicular (US\$-Veh-Km a Precios Sociales)

SIN PROYECTO TROCHA MAL ESTADO	MEJORAMIENTO AFIRMADO 1o ALTERNATIVA	MEJORAMIENTO TSB 2o ALTERNATIVA	MEJORAMIENTO ASFALTADO 3o ALTERNATIVA
0.53	0.32	0.27	0.26
0.70	0.53	0.50	0.48
1.09	0.71	0.63	0.58
1.48	1.12	1.06	1.01
2.49	1.55	1.32	1.16
2.95	1.99	1.77	1.60
3.29	2.41	2.21	2.05

Fuente: Costos Modulares de Operación Vehicular – OPP-MTC

### Reducción o ahorros de COV

Considerando el tráfico vehicular y la longitud del tramo en estudio, se calculan los Ahorros de Operación Vehicular, en comparación con la situación sin proyecto, para cada alternativa, año y por tipo de vehículo, los mismos que se presentan en los siguientes cuadros:

Cuadro 1.16. Ahorros de costos de Operación Vehicular – Alternativa I

REDUCCION O AHORROS DE COV DEBIDO A LA ALTERNATIVA No 1 (Afirmado)								
Años	Auto	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2E	Camión 3E	Articulado	Total
2009								
2010	29,818	493,498	14,794	25,228	261,036	38,084	202,482	1,064,94
2011	31,297	517,975	15,022	25,617	278,004	40,560	215,643	1,124,11
2012	32,849	543,667	15,254	26,012	296,074	43,196	229,660	1,186,71
2013	34,479	570,633	15,489	26,412	315,319	46,004	244,588	1,252,92
2014	36,189	598,936	15,727	26,819	335,815	48,994	260,486	1,322,96
2015	37,984	628,643	15,969	27,232	357,643	52,179	277,418	1,397,06
2016	39,868	659,824	16,215	27,651	380,889	55,570	295,450	1,475,46
2017	41,845	692,551	16,465	28,077	405,647	59,183	314,654	1,558,42
2018	43,921	726,902	16,718	28,509	432,014	63,029	335,106	1,646,20
2019	46,099	762,956	16,976	28,948	460,095	67,126	356,888	1,739,08

Cuadro 1.17. Ahorros de costos de Operación Vehicular – Alternativa II

REDUCCION O AHORROS DE COV DEBIDO A LA ALTERNATIVA No 2 (TSB)								
Años	Auto	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camión 2E	Camión 3E	Articulado	Total
2009								
2010	36,918	580,585	17,909	29,433	324,907	46,812	248,500	1,285,06
2011	38,749	609,382	18,185	29,887	346,026	49,855	264,653	1,356,73
2012	40,671	639,608	18,465	30,347	368,518	53,095	281,855	1,432,55
2013	42,688	671,332	18,749	30,814	392,471	56,547	300,176	1,512,77
2014	44,805	704,630	19,038	31,289	417,982	60,222	319,687	1,597,65
2015	47,028	739,580	19,331	31,770	445,151	64,137	340,467	1,687,46
2016	49,360	776,263	19,629	32,260	474,086	68,305	362,597	1,782,50
2017	51,808	814,766	19,931	32,757	504,901	72,745	386,166	1,883,07
2018	54,378	855,178	20,238	33,261	537,720	77,474	411,267	1,989,51
2019	57,075	897,595	20,550	33,773	572,672	82,509	437,999	2,102,17

Cuadro 1.18. Ahorros de costos de Operación Vehicular – Alternativa III

EDUCCION O AHORROS DE COV DEBIDO A LA ALTERNATIVA No 3 (Asfaltado)								
Años	Auto	Camioneta	Bus Mediano	Bus Grande	Camion 2E	Camion 3E	Articulado	Total
2009								
2010	38,338	638,644	19,856	32,937	369,339	53,556	285,315	1,437,985
2011	40,239	670,321	20,162	33,444	393,346	57,037	303,861	1,518,410
2012	42,235	703,569	20,472	33,959	418,913	60,745	323,612	1,603,505
2013	44,330	738,466	20,787	34,482	446,143	64,693	344,646	1,693,547
2014	46,529	775,094	21,107	35,013	475,142	68,898	367,048	1,788,831
2015	48,836	813,538	21,432	35,553	506,026	73,377	390,907	1,889,669
2016	51,259	853,890	21,763	36,100	538,918	78,146	416,315	1,996,390
2017	53,801	896,243	22,098	36,656	573,947	83,225	443,376	2,109,346
2018	56,470	940,696	22,438	37,221	611,254	88,635	472,195	2,228,909
2019	59,271	987,355	22,784	37,794	650,986	94,396	502,888	2,355,473

### Costos a Precios Financieros y Económicos

Los costos a precios sociales se obtuvieron multiplicando los costos financieros por los factores de conversión, de 0.79 para la inversión y 0.75 para los costos de mantenimiento.

A continuación los Costos de Inversión y mantenimiento a precios económicos por año y alternativa:



Cuadro 1.19. Costos de Inversión y Mantenimiento a Precios Económicos

AÑOS	SIN PROYECTO TROCHA MAL ESTADO	MEJORAMIENTO EN AFIRMADO ALTERNATIVA I	MEJORAMIENTO EN TSB ALTERNATIVA II	MEJORAMIENTO EM ASFALTO ALTERNATIVA III
2,009		4,084,537	4,668,042	5,835,053
2,010	176,063	129,113	93,900	58,688
2,011	176,063	129,113	93,900	58,688
2,012	176,063	129,113	93,900	58,688
2,013	176,063	129,113	93,900	58,688
2,014	176,063	129,113	93,900	58,688
2,015	176,063	129,113	93,900	58,688
2,016	176,063	129,113	93,900	58,688
2,017	176,063	129,113	93,900	58,688
2,018	176,063	129,113	93,900	58,688
2,019	176,063	129,113	93,900	58,688

#### 1.4.2 EVALUACIÓN SOCIAL

Para la identificación de costos se han determinado los ahorros por reducción de COVs, mediante la diferencia de COVs con proyecto y sin proyecto para cada una de las alternativas planteadas.

Cuadro 1.20. Valor Actual Neto – Alternativa I (Afirmado)

AÑOS	AHORRO POR COSTOS DE MANTENIMIENTO	AHORRO POR REDUCCIÓN DE COV	FLUJO NETO DEL PROYECTO
2,009	-5,948,814		-5,948,814
2,010	49,620	1,064,941	1,114,561
2,011	49,620	1,124,118	1,173,738
2,012	49,620	1,186,711	1,236,331
2,013	49,620	1,252,923	1,302,543
2,014	49,620	1,322,966	1,372,586
2,015	49,620	1,397,067	1,446,687
2,016	49,620	1,475,468	1,525,088
2,017	49,620	1,558,422	1,608,042
2,018	49,620	1,646,200	1,695,820
2,019	49,620	1,739,089	3,573,354
<b>VAN (11%)</b>		<b>2,711,729</b>	
<b>TIR</b>		<b>19%</b>	

Cuadro 1.21. Valor Actual Neto – Alternativa II (TSB)

AÑOS	AHORRO POR COSTOS DE MANTENIMIENTO.	AHORRO POR REDUCCIÓN DE COV	FLUJO NETO DEL PROYECTO
2,009	-6,798,645		-6,798,645
2,010	86,835	1,285,065	1,371,900
2,011	86,835	1,356,736	1,443,571
2,012	86,835	1,432,559	1,519,394
2,013	86,835	1,512,778	1,599,613
2,014	86,835	1,597,654	1,684,489
2,015	86,835	1,687,464	1,774,299
2,016	86,835	1,782,501	1,869,336
2,017	86,835	1,883,075	1,969,910
2,018	86,835	1,989,516	2,076,351
2,019	86,835	2,102,174	4,228,602
<b>VAN (11%)</b>			<b>3,778,015</b>
<b>TIR</b>			<b>21%</b>

Cuadro 1.22. Valor Actual Neto – Alternativa III (Asfalto)

AÑOS	AHORRO POR COSTOS DE MANTENIMIENTO	AHORRO POR REDUCCIÓN DE COV	FLUJO NETO DEL PROYECTO
2,009	-8,498,306		-8,498,306
2,010	124,050	1,437,985	1,562,035
2,011	124,050	1,518,410	1,642,460
2,012	124,050	1,603,505	1,727,555
2,013	124,050	1,693,547	1,817,597
2,014	124,050	1,788,831	1,912,881
2,015	124,050	1,889,669	2,013,719
2,016	124,050	1,996,390	2,120,440
2,017	124,050	2,109,346	2,233,396
2,018	124,050	2,228,909	2,352,959
2,019	124,050	2,355,473	5,029,015
<b>VAN (11%)</b>			<b>3,595,717</b>
<b>TIR</b>			<b>19%</b>

### 1.4.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para el análisis de sensibilidad de la carretera Lunahuaná – Desv. a Yauyos – Chupaca, tomando en consideración los resultados de la evaluación social se seleccionó tres alternativas; en dos escenarios.

- Primer Escenario: Variación de costos de inversión.

- Segundo Escenario: Variación del Tráfico generado.

A continuación se muestran los cuadros de análisis de sensibilidad de las alternativas planteadas en los escenarios mencionados.

Cuadro 1.23. Primer Escenario – Variación de Costos de Inversión

	TRAMO		Sin Variacion		5%		10%		15%		20%	
			VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
ALTERNATIVA A	Tramo 1	TSB	12,945,991	13.7%	8,782,828	12.8%	4,619,665	11.9%	456,502	11.1%	-3,706,662	10.3%
	Tramo 2	TSB										
	Tramo 3	TSB										
	Tramo 4	TSB										
ALTERNATIVA B	Tramo 1	CAC	12,555,507	13.6%	8,264,154	12.6%	3,972,801	11.7%	-318,552	10.9%	-4,609,905	10.2%
	Tramo 2	TSB										
	Tramo 3	TSB										
	Tramo 4	CAC										
ALTERNATIVA C	Tramo 1	CAC	12,007,208	13.2%	7,288,504	12.3%	2,569,800	11.4%	-2,148,904	10.6%	-6,867,607	9.9%
	Tramo 2	AFIRMADO										
	Tramo 3	CAC										
	Tramo 4	CAC										

De los resultados obtenidos, se puede apreciar:

- Alternativa A, indicadores favorables hasta un incremento del 15% en los costos de inversión.
- Alternativa B, indicadores favorables hasta un incremento del 10% en los costos de inversión.
- Alternativa C, indicadores favorables hasta un incremento del 10% en los costos de inversión.

Cuadro 1.24. Segundo Escenario – Variación de Tráfico Generado

	TRAMO		40%		50%		Sin Variacion		70%		80%	
			VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
ALTERNATIVA A	Tramo 1	TSB	6,242,525	12.3%	9,594,258	13.0%	12,945,991	13.7%	16,297,725	14.4%	19,649,458	15.1%
	Tramo 2	TSB										
	Tramo 3	TSB										
	Tramo 4	TSB										
ALTERNATIVA B	Tramo 1	CAC	5,720,594	12.2%	9,138,050	12.9%	12,555,507	13.5%	15,972,963	14.2%	19,390,419	14.9%
	Tramo 2	TSB										
	Tramo 3	TSB										
	Tramo 4	CAC										
ALTERNATIVA C	Tramo 1	CAC	4,628,348	11.9%	8,317,778	12.5%	12,007,208	13.2%	15,696,638	13.9%	19,386,068	14.5%
	Tramo 2	AFIRMADO										
	Tramo 3	CAC										
	Tramo 4	CAC										

De los resultados obtenidos, se puede apreciar:

Alternativa A, indicadores favorables hasta una tasa de Tráfico Generado de 40%.

Alternativa B, indicadores favorables hasta una tasa de Tráfico Generado de 40%.

Alternativa C, indicadores favorables hasta una tasa de Tráfico Generado de 40%.

#### **1.4.4 ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD**

El Gobierno Central a través de Provias Nacional del MTC y su programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, estará encargado de asegurar la operación y mantenimiento del proyecto una vez terminado la concesión, que esta a cargo del consorcio Gestión de Carreteras.

#### **1.4.5 IMPACTO AMBIENTAL**

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA), es un instrumento necesario para la conservación y el uso racional y sostenido de los recursos naturales. Es un método de análisis que sirve para confrontar las características del medio ambiente en su estado actual con las características del proyecto a ejecutarse tanto en su etapa de construcción como en la de operación, es un proceso de observación en el que se confrontan las características del medio ambiente y del proyecto, para estimar los posibles impactos ambientales y buscar la manera de mitigarlos.

##### **Objetivo General**

El objetivo del Estudio de Impacto Ambiental es identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales positivos y negativos que pueden ocurrir por las acciones del proyecto Estudio de Pre Inversión a nivel de Factibilidad del Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera: Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca, y sobre esta base proponer medidas para prevenir, mitigar o corregir impactos negativos, así como para fortalecer los impactos positivos; logrando de esta manera que la construcción y funcionamiento de este proyecto vial se realice en armonía con la conservación del ambiente.

### Objetivos Específicos

Identificar las acciones del Proyecto con potencial de generación de impactos ambientales.

Describir, caracterizar y analizar el estado del medio ambiente pre-operacional (físico, biótico, social, económico y cultural) en el área de influencia directa e indirecta dentro de la cual se materializarán las obras de rehabilitación y mejoramiento y sus actividades conexas (fuentes de material, sitios de disposición de materiales excedentes, plantas de producción de materiales).

Identificar, caracterizar y evaluar los pasivos ambientales a lo largo del corredor vial, jerarquizado de acuerdo con la importancia relativa de los mismos. En el caso de los pasivos de carácter crítico se diseñarán, si corresponden al ámbito de competencia del MTC, las medidas de mitigación y los costos derivados de su ejecución.

#### 1.4.6 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS CONVENIENTE

De la Evaluación económica y el Análisis de Sensibilidad se selecciona la alternativa A, por tener mejores indicadores y una mayor sensibilidad que las otras alternativas planteadas.

Cuadro 1.25. Alternativa Seleccionada

	TRAMO		VAN	TIR
<b>ALTERNATIVA A</b>	Tramo 1	TSB	12,945,991	13.7%
	Tramo 2	TSB		
	Tramo 3	TSB		
	Tramo 4	TSB		

## **CAPITULO II: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA**

### **2.1 MARCO GEOLÓGICO**

La Asociación Ayesa y Alpha Consult en su Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental Red Vial No 6 Carretera –Lunahuaná - Huancayo, hace una descripción de la geología a lo largo de la carretera, esta información que a continuación se resume, ha servido como referencia para la interpretación del tramo 165+000 – 165+300 motivo del presente estudio.

La Carretera Lunahuaná –Huancayo tiene una longitud aproximada de 240 Km. que se ha dividido en dos zonas:

1<sup>ra</sup> Zona Lunahuaná-Tinco Yauricocha, que se considera de media a alta vulnerabilidad ante los riesgos geológicos.

2<sup>da</sup> Zona Tinco-Yauricocha-Huancayo, considerado de baja a media vulnerabilidad ante los riesgos geológicos.

La geología del área presenta rocas ígneas y sedimentarias que van desde el Jurásico hasta el Terciario y los suelos están representados por depósitos de origen aluvial, proluvial, eluvial, deluvial, coluvial, fluvioglacial, entre otros.

Los factores geológico estructurales, geomorfológicos e hidrológicos juegan un rol importante en el comportamiento geodinámico de la cuenca del río Cañete, se han podido detectar eventos como deslizamientos, derrumbes, erosión fluvial, huaycos, erosión de laderas, entre otros que han modificado y modifican el relieve de la cuenca.

El área de la cuenca del río Cañete podría ser afectada por sismos de hasta 8 a 9 grados en la escala de Mercalli modificada (intensidad) en la zona de la Costa y de 5 a 7 grados en la zona Andina.



Hacia la cuenca del río Mantaro el relieve se caracteriza por presentar un marcado contraste morfológico, pues de las altas vertientes siguen extensas mesetas de superficies llanas, suavemente onduladas.

El fenómeno meteorológico de El Niño influye sobremanera en el área, especialmente en la cuenca del río Cañete.

## **2.2 GEOLOGÍA DEL TRAZO**

A fin de inferir sobre la composición, naturaleza y propiedades geomecánicas de los suelos y rocas en el tramo comprendido entre las progresivas 165+000 – 165+300, se ha utilizado información del Instituto Nacional de Geología y Meteorología (INGEMMET) la cual ha sido complementada con la información recogida durante en la visita de campo realizada el 10 de abril. La publicación del boletín No 69 “Geología de los cuadrángulos de Yauyos, Huancayo” del INGGEMMET, describe las formaciones geológicas a nivel regional que se emplazan en el área circundante al tramo de la carretera en estudio, a continuación se describe cada una de ellas:

### **FORMACION CARHUAZ (Ki-ca).**

Los materiales más representativos en esta formación areniscas arcósicas de color gris, blanco amarillento de grano fino en estratos delgados y bien conspicuos y definidos en las limolitas dominan los colores gris verdoso con algo de rojo. Las areniscas Carhuaz son finas y forman bancos con límites planos y laminaciones paralelas de baja energía por lo general son de intemperismo fácil por lo que se puede ver siempre cubiertos por suelos y vegetación. Los 120 m. superiores de la formación son predominantes limolíticos y de color rojo brillante, y constituye un horizonte guía para el mapeo.

### **FORMACION PARIATAMBO (Ki-pt).**

Los espesores de sus estratos varían desde los 30 a 120m, su color negro y olor fétido de sus rocas en corte fresco hacen un nivel guía para el mapeo.

Esta formación presenta Rocas de grano fino bituminoso o arcillo-calcáreo-bituminosas que contienen algunos fósiles que se han transformado en fosfato de calcio. Se asocian a este unas intercalaciones de 10 a 30 cm. de grosor.

La formación se depositó en un ambiente anoxico, en aguas tranquilas y relativamente profundas, donde la poca circulación permitía que localmente se concentren salmueras, lo que explica la formación de yeso. El grosor estimado de la formación es de 30 a 40m.

### **FORMACIÓN JUMASHA (Ks-j)**

Esta formación es un paquete esencialmente calcáreo, resistente, de más de 400m de espesor que forma picos pequeños y acantilados que contrastan con los relieves compresionados de la formación Pariatambo.

El límite inferior de la formación se ubica donde las dolomitas y arcillas bituminosas ricas en cherts de la formación Pariatambo, las que pasan bruscamente pero sin interrupción de la sedimentación a las calizas o dolomías macizas pobres en materia orgánica y cherts que forman la base de la formación Jumasha, seguido en su parte media por calizas en estratos delgados de color gris amarillento algo margoso, en la parte superior las calizas gris azulinas interstratifican en estratos delgados a gruesos, en la mayoría de los casos formando monoclinales; pero en el Río Alis al sur de Tomas cuadrángulo de Yauyos.

Tomando como referencia los planos geológicos publicados por el INGEMMET a través de su pagina web, se ha ubicado el tramo entre las progresivas 165+000 y 165+300 de la carretera en estudio, y se ha inferido de manera gráfica sobre la formación de los materiales en este tramo de la carretera, se debe tener presente que este método gráfico de ubicación esta sujeto a error por un tema de escala entre planos de detalle y planos regionales, sin embargo para nuestro caso nos apoyaremos en la visita de campo para verificar lo asumido.

En la Figura No 2.1, se muestra la geología inferida a través del plano geológico publicado por el INGEMMET.

La Formación Pariatambo es la predominante en el tramo de estudio según el mapa geológico. En la descripción del material que compone esta formación se hace referencia a un material arcillo-calcáreo-bituminoso, en la visita de campo durante el recorrido del tramo de los 300 metros se tomó una muestra de roca



del afloramiento rocoso ubicado en la progresiva 165+100 y se le roció unas gotas de ácido Clorhídrico, notándose una reacción efervescente instantánea, la cual se da en rocas calizas. Por la presencia de roca caliza y su ubicación en el plano geológico se induce que se trata de la Formación Pariatambo.

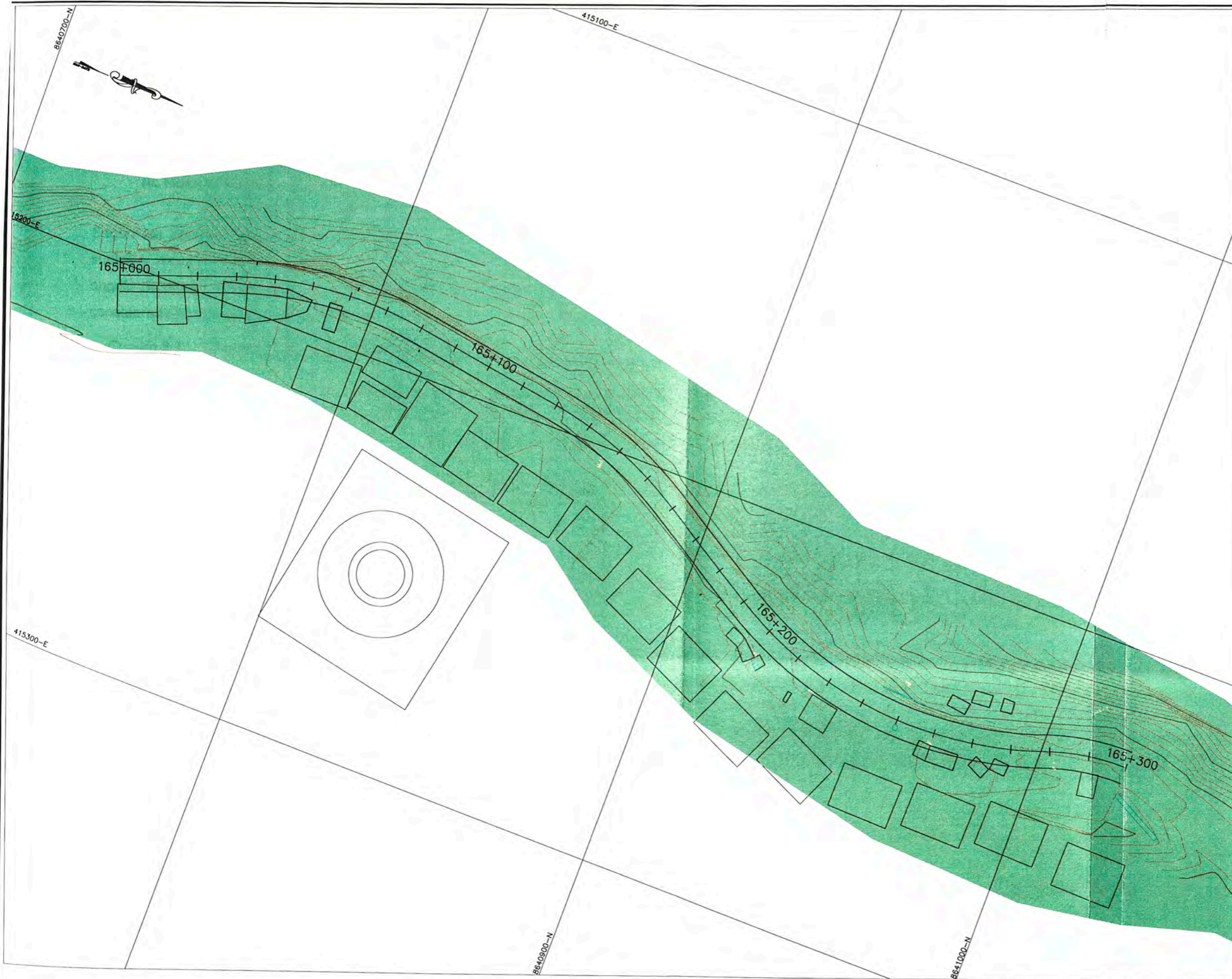


La fotografía 2.1 muestra la reacción efervescente de la roca caliza con el ácido Clorhídrico.

El trazo de la carretera en el tramo 165+000 y 165+300 va por la margen derecha del río Alis, a media ladera sobre un material fluvio-glacial de pendientes fuertes y estables, los taludes están cubiertos por una continua vegetación.

Figura 2.1. Geología del Tramo 165+000 al 165+300



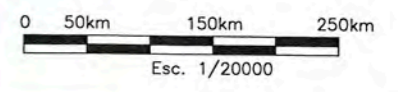


**LEYENDA**

- VIVENDAS
- CIUDADES
- Ki-pt SISTEMA CRETACEO

**NOTAS:**

1. SISTEMA DE REFERENCIA UTM DATUM PSAD56-ZONA 18.
2. LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.



**AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARETERA CAÑETA - YAUYOS - HUANCAYO DEL KILOMETRO KM 165+00 AL KM 165+300**

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

GEOLOGIA DEL TRAMO  
165+00 AL 165+300

FIGURA N:

**2.1**



### 2.3 SECTORES AFECTADOS POR PROBLEMAS GEODINÁMICOS POR PROBLEMAS GEODINÁMICOS Y SECTORES CRÍTICOS – ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Según las condiciones naturales de reposo de los taludes compuestos por suelos y rocas, se ha sectorizado la zona en estudio a fin de determinar el ángulo de reposo natural de los taludes. En esta sectorización también se han considerado la ubicación de casas y demás estructuras existentes.

Cuadro 2.1. Sectorización del tramo en estudio según tipo de Suelo

PROGRESIVA	TIPO DE SUELO	
	LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO
165+000 - 165+030	Casas contiguas a la carretera	Material fluvioglacial, de talud superior estable, cubierta de vegetación.
165+030 - 165+060	Casas contiguas a la carretera	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierta de vegetación. Muro de piedra existente
165+060 - 165+080	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 5m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud.	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierta de vegetación.
165+080 - 165+090	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 7m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud. Muro de piedra existente	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierta de vegetación.
165+090 - 165+110	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 8m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud. Muro de piedra existente	Material fluvioglacial de talud superior estable con afloramiento rocoso en un 20% del total de la sección (roca en regular estado), presencia de vegetación.
165+110 - 165+140	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 8m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud. Muro de piedra existente	Material fluvioglacial de talud superior estable con presencia de vegetación y bloques de roca aislada de hasta 4 m. de diámetro (10%)
165+140 - 165+160	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 8m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud. Muro de piedra existente	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierta de vegetación. Presencia de bloques de roca triturada.
165+160 - 165+180	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 8m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud. Muro de piedra existente	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierto de vegetación.

PROGRESIVA	TIPO DE SUELO	
	LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO
165+180 - 165+190	Casas contiguas a la carretera	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierta de vegetación.
165+190 - 165+220	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 4m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud.	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierto con vegetación.
165+220 - 165+230	Casas contiguas a la carretera	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierto con vegetación.
165+230 - 165+240	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 5m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud.	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierto con vegetación.
165+240 - 165+250	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 5m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud.	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierto con vegetación. Muro de piedra existente y vivienda contigua
165+250 - 165+260	Casas contiguas a la carretera	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierto con vegetación. Muro de piedra existente y vivienda contigua
165+260 - 165+270	Casas contiguas a la carretera	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierto con vegetación.
165+270 - 165+290	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 5m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera, a pie de talud.	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierto con vegetación.
165+290 - 165+300	Talud vertical inferior, las casas se ubican a 6m. debajo del nivel de la plataforma de la carretera. Paradero de transporte interprovincial	Material fluvioglacial de talud superior estable, cubierto con vegetación.

A fin de identificar posibles deslizamientos, derrumbes, desprendimientos de roca o zonas inestables, que pudieran generar daños a la estructura vial o a la población cercana y afectar la transitabilidad de la carretera en épocas de lluvia o de eventos de geodinámica externa, se realizó este levantamiento de las condiciones geomecánicas externas de la zona, no encontrándose riesgos visibles de inestabilidad pues es una zona cubierta por una abundante vegetación que contribuye a la estabilidad de los suelos a lo largo del tramo en estudio.

La vía existente es de un sólo carril, los trabajos de ampliación la convertirán en una vía de dos carriles, para ampliarla se realizará el corte del talud superior.

El talud de corte mantendrá la misma inclinación del talud natural existente a lo largo del tramo. Para determinar la inclinación natural en la zona se utilizó la topografía levantada en el Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental. Red Vial Nº 6 Carretera Lunahuaná - Huancayo desarrollado por la Asociación Ayesa y Alphaconsult SA.

En las figuras 2.2 y 2.3 se muestran secciones representativas de la topografía existente y la proyección del corte propuesto.

Figura 2.2 .Sección de corte: Progresiva 165+080

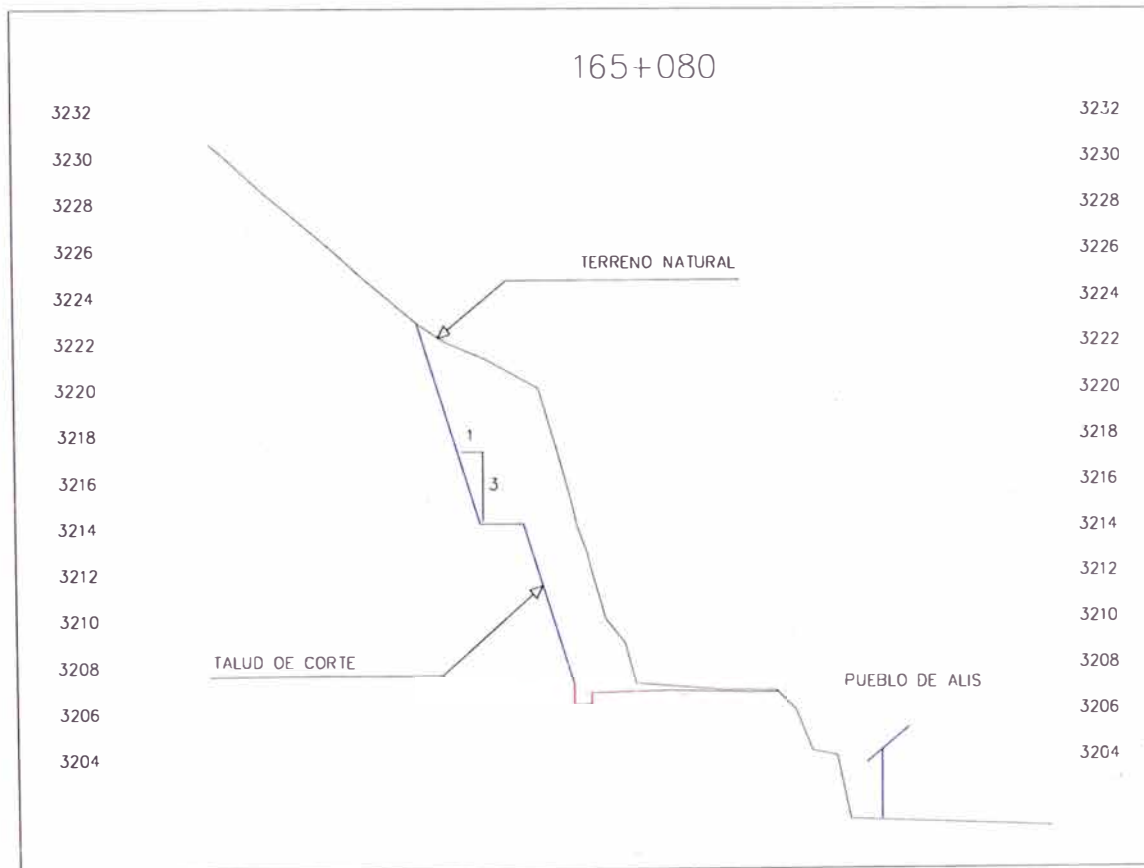
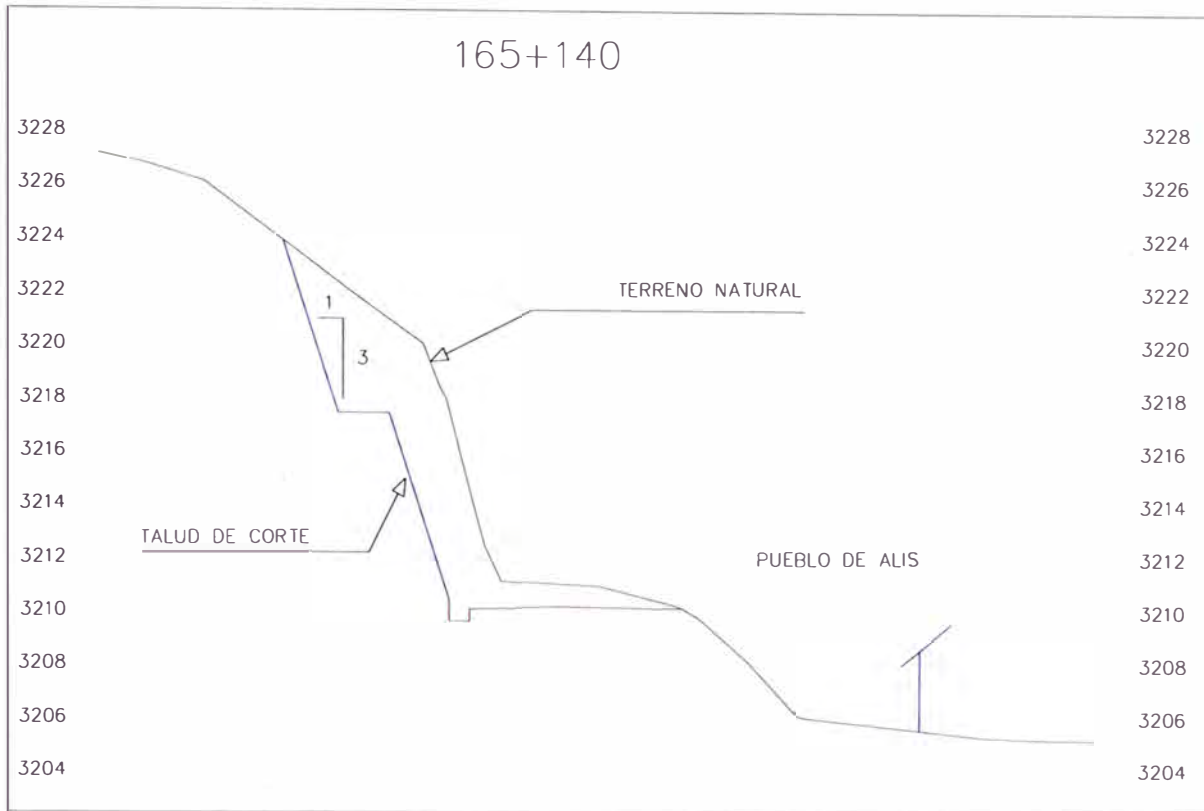


Figura 2.3 Sección de corte: Progresiva 165+140



Se ha determinado el talud de corte H:V de 1:3 para la excavación en suelo. En el tramo entre las progresivas 165+090 y 165+110 se ubica una zona de afloramiento rocoso, de poca potencia, y roca fracturada entre las progresivas 165+140 y 165+160. Para efectos de costo se ha estimado que la excavación en roca es un 5% de la excavación total y la excavación en roca fracturada es un 10% de la excavación total.

Debe tenerse en cuenta que en la visita de campo se observó zonas con afloramiento rocoso hacia unos 50 m hacia el lado del talud superior (zona de corte) del eje de la carretera (desde la progresiva 165+220 hasta la progresiva 165+300), lo que haría suponer que el basamento rocoso se encuentra a pocos metros de la superficie. Los diferentes tipos de material encontrados sobre el área de corte genera incertidumbre al momento de estimar los costos del movimientos de tierra, por esa razón es recomendable realizar trincheras en los taludes de corte a fin de establecer cantidades mas aproximadas del tipo de material a excavar y por consecuencia tener un valor del costo mas certero.



### **Análisis de Estabilidad de Taludes**

El tramo de la carretera entre las progresivas 165+000 y 165+300 se ubica a media ladera, a lado derecho de la carretera; el pueblo de Alis, en una plataforma de entre 6 a 8 metros por debajo del nivel de rasante, el talud generado por esta situación de desnivel entre el pueblo y la carretera ha sido evaluado en vista de la existencia de un muro de roca apilada a lo largo de 100 metros de la carretera entre las progresivas 165+080 y 165+180 y a la posición vertical del talud a lo largo del tramo en estudio. Se ha realizado un análisis de estabilidad de taludes para la condición planteada de ensanche y mejoramiento. El análisis involucra la evaluación de la geometría para la ampliación de la carretera y considera las sobrecargas de los vehículos a más pesados a transitar, a fin de determinar las secciones más críticas y simular el comportamiento del suelo utilizando propiedades mecánicas referenciales basadas en información obtenida de los ensayos de laboratorio y completar el análisis de estabilidad mediante la determinación de los factores de seguridad mínimos.

#### *Sección de Análisis*

Para los análisis de estabilidad se ha escogido dos secciones críticas en función a la topografía y a las condiciones de terreno progresivas 165+060 y 165+110. Los análisis se efectuaron sobre la condición final de la carretera con el tránsito de los dos vehículos más pesados en ambas direcciones.

El modelo geotécnico considera condiciones de fundación conformada por un estrato homogéneo GC-GM, estrato de suelo encontrado durante la exploración de campo en la zona, los valores de resistencia al corte del suelo fueron tomados de bibliografía mostrada en el Anexo 1. La ubicación del macizo rocoso se estimó de manera aproximada según la visita de campo. En función a la ubicación del río Alis respecto a la sección se asumió el nivel freático muy por debajo del nivel de análisis.

### Parámetros Geotécnicos de los Materiales

Se ha recopilado información bibliográfica a fin de sustituir la información geotécnica del material presente en la zona para el diseño de estabilidad, esta información se encuentra detallada en el Anexo 1.

Para la constitución del modelo geotécnico se asume los siguientes criterios de diseño:

- Factor de seguridad estático a corto plazo igual a 1.3
- Factor de seguridad estático a largo plazo igual a 1.4
- Factor de seguridad pseudo-estático a largo plazo igual a 1.0

En el cuadro 2.2 se muestra un resumen de los parámetros geotécnicos utilizados en los análisis de estabilidad para la carretera cañete – Yauyos – Huancayo tramo 165+000 al 165+300.

Cuadro 2.2 Resumen de Parámetros Geotécnicos

MATERIAL	$\gamma_{total}$ (KN/m <sup>3</sup> )	COHESIÓN (KPa)	ÁNGULO DE FRICCIÓN ( $\Phi$ )
<b>Análisis Global y Local: Talud de la Vía</b>			
Suelo	19.6	0	35
Basamento Rocoso	26.6	300	28

### Método de Análisis

Basados en las propiedades definidas para cada uno de los materiales y la disposición de los taludes descritos anteriormente, se ha llevado a cabo el análisis de estabilidad de las secciones, usando el software Slide 5.0 para el análisis global y local. El Slide 5.0 es un programa disponible en el mercado que determina los factores de seguridad empleando los métodos de equilibrio límite.

El programa Slide 5.0 tiene la capacidad de analizar superficies circulares de fallas, o en general, cualquier tipo de falla que se le especifique mediante diferentes métodos de análisis, incluyendo los métodos de Bishop, Janbu, Spencer y Morgenstern-Price. El método empleado para este proyecto es el de Spencer. Las figuras siguientes muestran los resultados del análisis de estabilidad.

Figura 2.4 Análisis Estático de Estabilidad de Taludes Prog 165+060

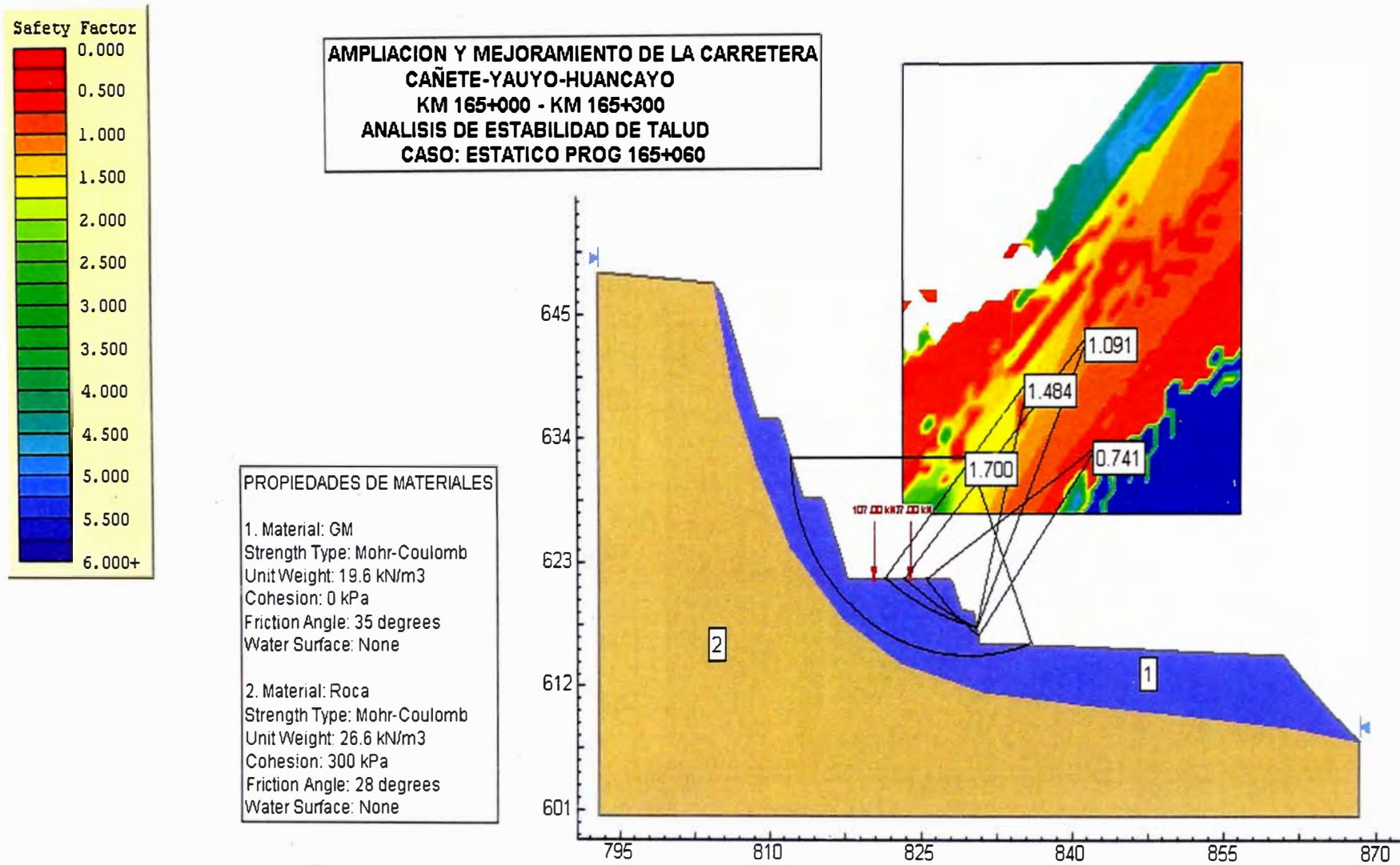


Figura 2.5 Análisis Estático de Estabilidad de Talud Prog 165+110

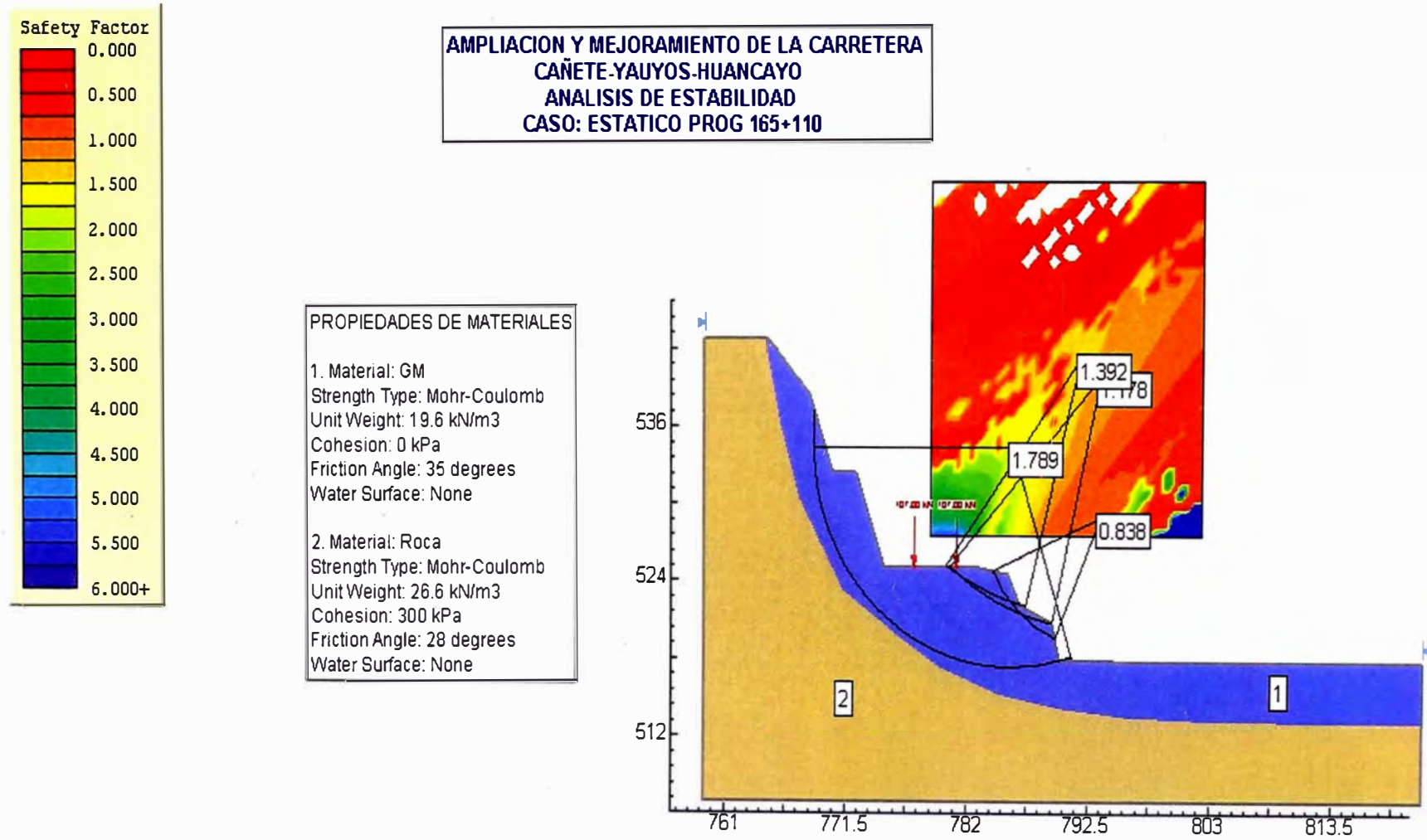




Figura 2.6 Análisis Pseudo-estático de Estabilidad de Talud Prog 165+060

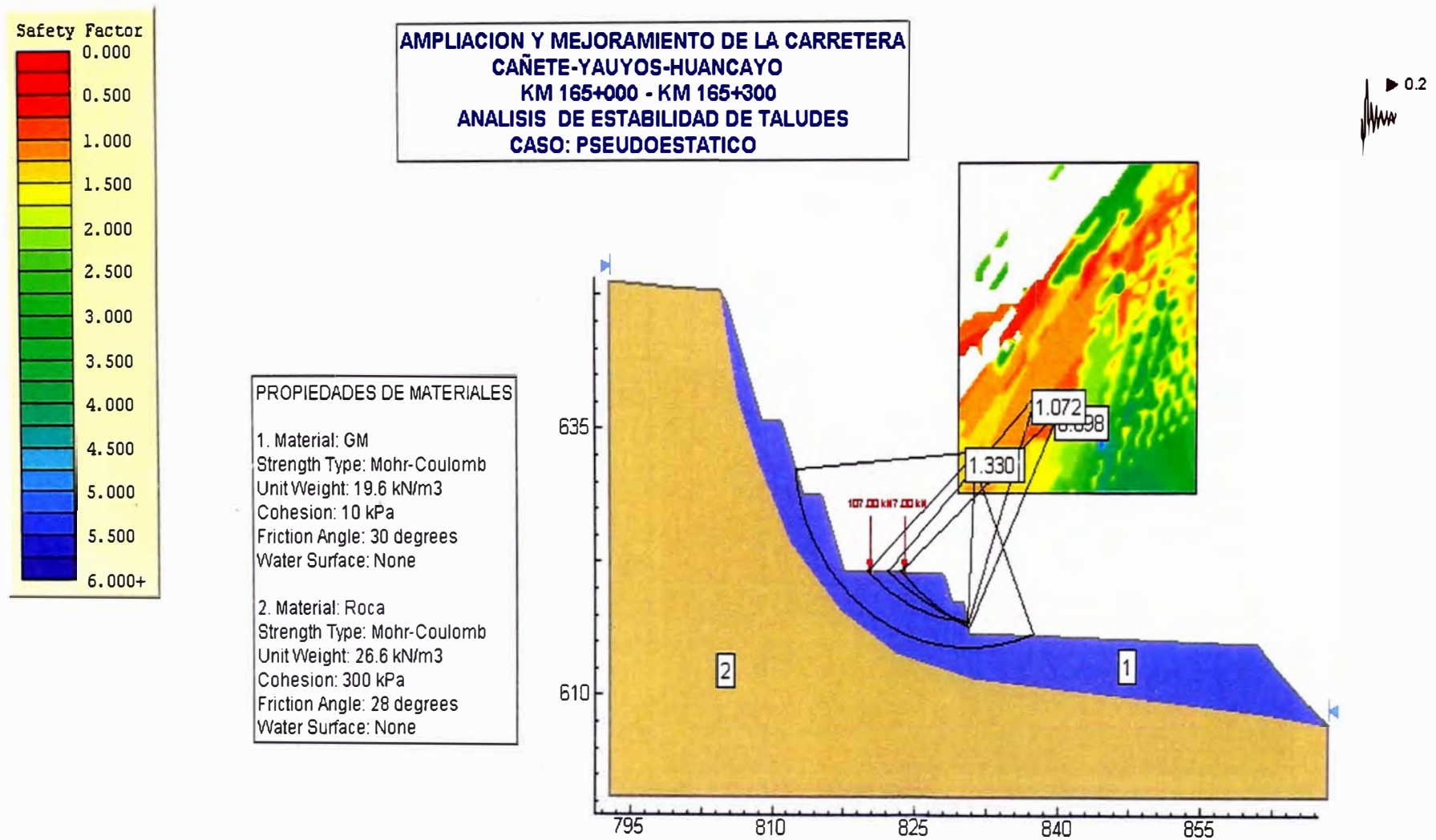
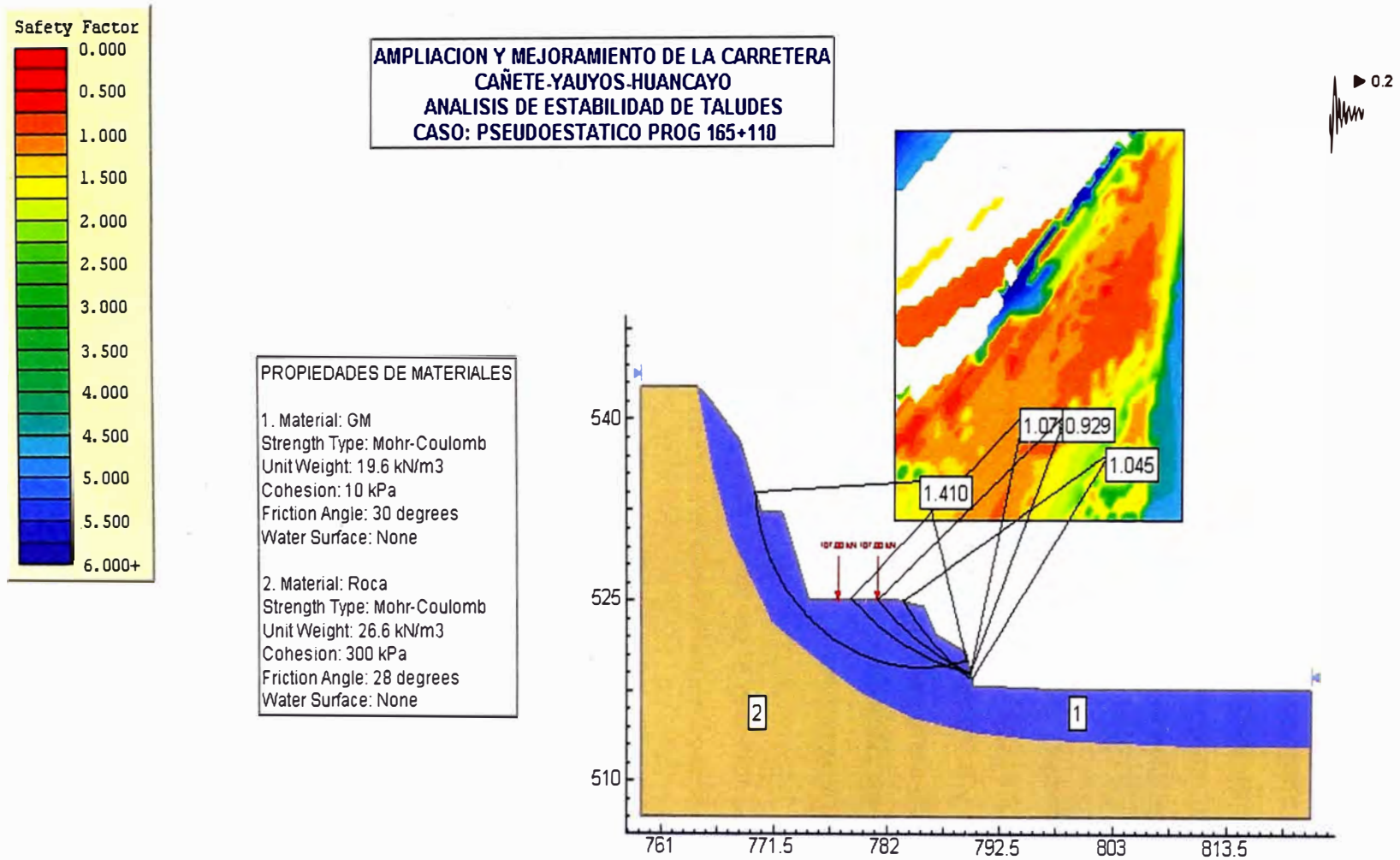


Figura 2.7 Analisis Pseudo-estático de Estabilidad de Talud Prog 165+110





## Resultados

Se ha considerado diferentes análisis para identificar las superficies de falla más críticas (factor de seguridad más bajo).

Los valores de factor de seguridad considerados como aceptables deben ser superiores a 1.4 para el caso de solicitaciones estáticas, ya sea para la condición en servicio o abandono. Para condiciones sísmicas se considera que el factor de seguridad mínimo debe ser la unidad, en la condición de abandono, aplicando un coeficiente sísmico pseudo estático determinado para un periodo de retorno de 475 años.

Para ambos casos estático y pseudo-estático la estabilidad Global superó los valores de seguridad establecidos, esto se muestra en las Figuras 2.4 y 2.5. Sin embargo la estabilidad local, como se muestra en las Figuras 2.6 y 2.7 para los casos estático y pseudo-estático la estabilidad local en las zonas de análisis no supera los factores de seguridad determinados. Por esa razón se recomienda reforzar el talud en las zonas evaluadas. En el Anexo 2 se muestra la alternativa de solución planteada para estabilizar el talud, se propone reforzar el talud con muros de gaviones y un sistema de suelo reforzado, en el mencionado anexo se muestran planos y proceso constructivo para la alternativa de solución.

Esta alternativa de estabilización con muro reforzado fue desarrollada por la empresa MACCAFERRI, empresa que cuenta con muchos años de experiencia en el Perú realizando este tipo de trabajos.

## CAPITULO III: ESTUDIO DE SUELOS

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La información mostrada en el siguiente capítulo corresponde a una recopilación del estudio de suelos realizada por el Consorcio Gestión de Carreteras en el 2008, el estudio de Pre-Inversión a Nivel Factibilidad, Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cañete-Huancayo, Ruta 22. Tramo: Lunahuaná-Dv. Yauyos-Chupaca, realizado en Agosto del 2005 por Provias Nacional y el estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental Red Vial No 6 Carretera Lunahuaná Huancayo realizado por la Asociación Ayesa y Alpha Consult S.A.

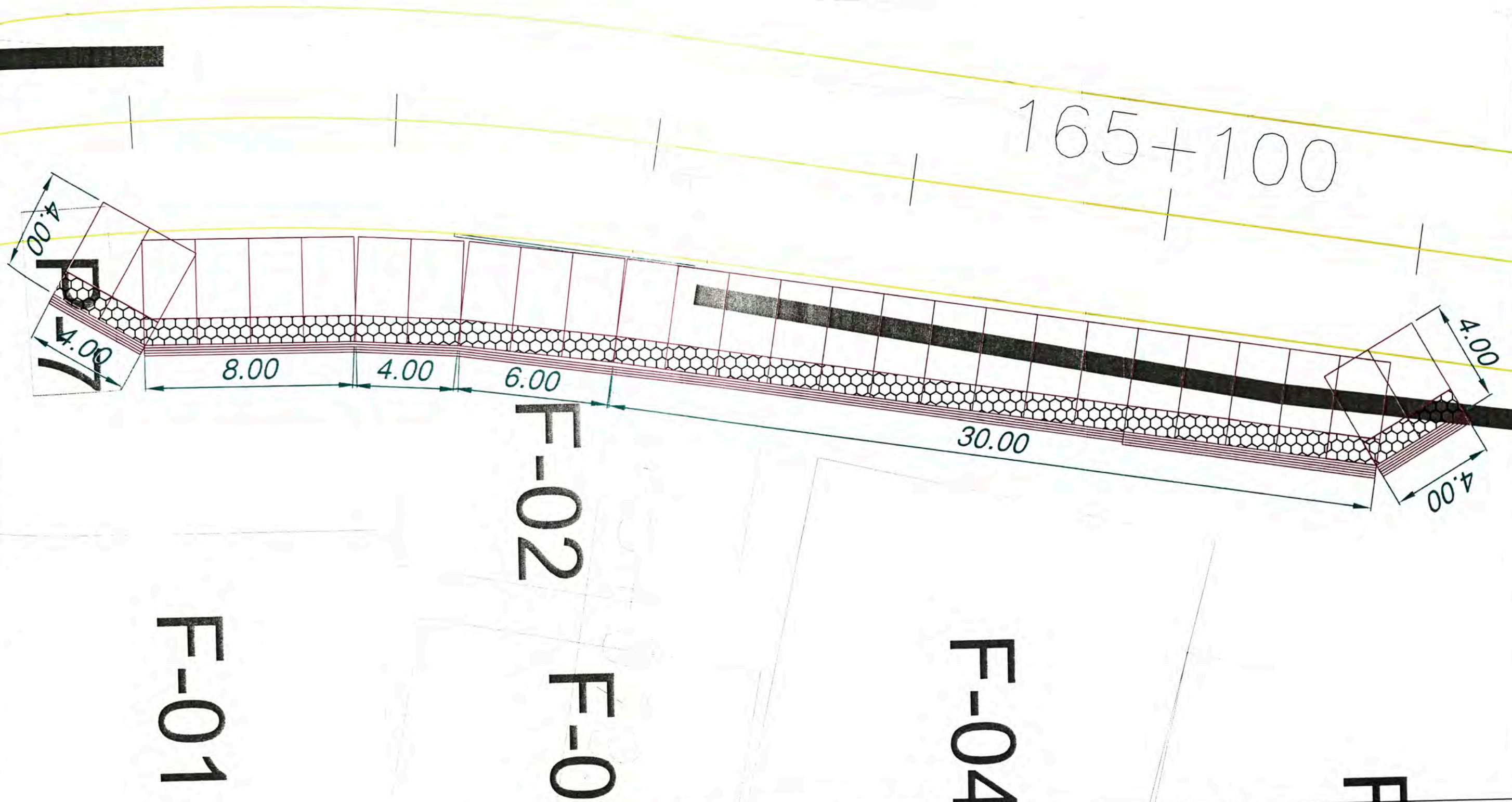
La vía Cañete – Yauyos – Huancayo se ubica en los departamentos de Lima y Junín, iniciándose en Cañete en el Km. 0+000 a una altitud aproximada de 71 msnm. hasta el pueblo de Chupaca en el Km. 271+726 a una altitud de 3270 msnm. En la Figura 3.1 se muestra la ubicación del proyecto.

El estudio de suelos corresponde al tramo entre las progresivas 165+000 y 165+300, donde se ubica el pueblo de Alis a una altitud de 3261 msnm. El pueblo de Alis se ubica en la región **Quechua** (2300 msnm – 3500 msnm), donde por lo general luego de una estrecha garganta o pongo, se abre una nueva quebrada cuyos fondos planos son relativamente estrechos y son inmediatamente continuados por las faldas de los cerros de suave declive, interrumpidas por lomas. Entre loma y loma quedan pequeñas hondonadas, en cuyos fondos corren pequeños arroyos o nacen los puquiales. Sus aguas provienen de las filtraciones de las lluvias o de remotas lagunas de las regiones superiores.

El clima es templado con notable diferencia entre el día y la noche, el sol y la sombra. La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C. La humedad atmosférica es poco sensible, aún cuando el suelo es normalmente húmedo, como consecuencia de las lluvias que caen con regularidad en el verano (diciembre a marzo).

### Figura 3.1 Ubicación del proyecto

Vista Planta:  
 Longitud = 56.00ml.  
 Escala: 1/150



**MACCAFERRI**  
 Maccaferri de Perú S.A.C

Predio Las Salinas  
 Lote c 12-2 km 33  
 Panamericana Sur  
 Lima 16 - PERU

Ph. (511) 430-0292  
 Fax (511) 430-0289  
 site: <http://www.maccaferri.com.pe>  
 e-mail: [marketing@maccaferri.com.pe](mailto:marketing@maccaferri.com.pe)

Diseño:	J.D.M	Fecha:	24/06/09	Título del Proyecto:	TERRAMESH SYSTEM TRAMO 165+060 - 165+110	Título del plano:	VISTA EN PLANTA
Plano:	J.D.M	Fecha:	24/06/09	Cliente:	KLOHN CRIPPEN BERGER	Escala:	INDICADA
Aprobación:	H.E.P	Fecha:	24/06/09	Número del plano:	1/3	Número del Proyecto:	PR-PE-195-09
						Ubicación:	Lima

Rev:	Ass:	Diseño:	Apr:	Fecha:





La fotografía 3.1 muestra el tramo de la carretera en estudio  
(Km. 165+000 – Km. 165+300)

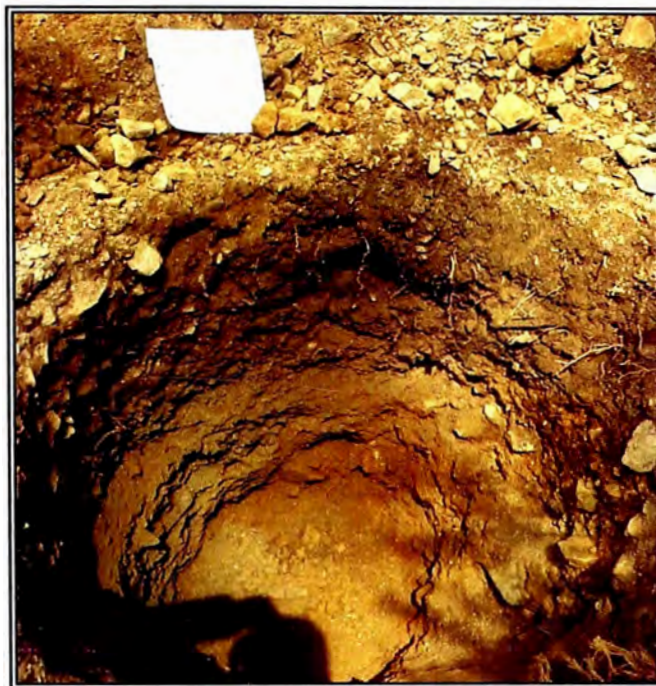
### 3.2 INVESTIGACIONES DE CAMPO

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de prospecciones (calicatas) en la plataforma de la vía, 1 cada 300 metros, en el sector entre el Km. 164+700 y el Km. 165+600; de donde se obtuvieron muestras representativas de todos los estratos, para posteriormente ser ensayadas en laboratorios de la ciudad de Lima. En la Figura 3.2 se muestra la ubicación de las calicatas realizadas en campo. Los resultados obtenidos han confirmado la descripción del suelo realizada por ICCGSA en el Memoria realizada el 2008.

Las perforaciones efectuadas “a cielo abierto” tienen una profundidad de 1,5m. Se ha tomado información correspondiente a las características y espesores de los materiales encontrados en los diferentes estratos.

Esta información ha sido debidamente procesada para la formulación del Perfil Estratigráfico del tramo de carretera en estudio, así como para la estimación de las propiedades físico-mecánicas necesarias para el diseño de pavimentos y estabilidad de taludes. Las propiedades físico-mecánicas del suelo que no se

podieron conocer con esta investigación de campo se tomaron de la investigación realizada por ICCGSA en el 2008.



En la fotografía 3.2, se muestra la calicata en la progresiva 165+170.

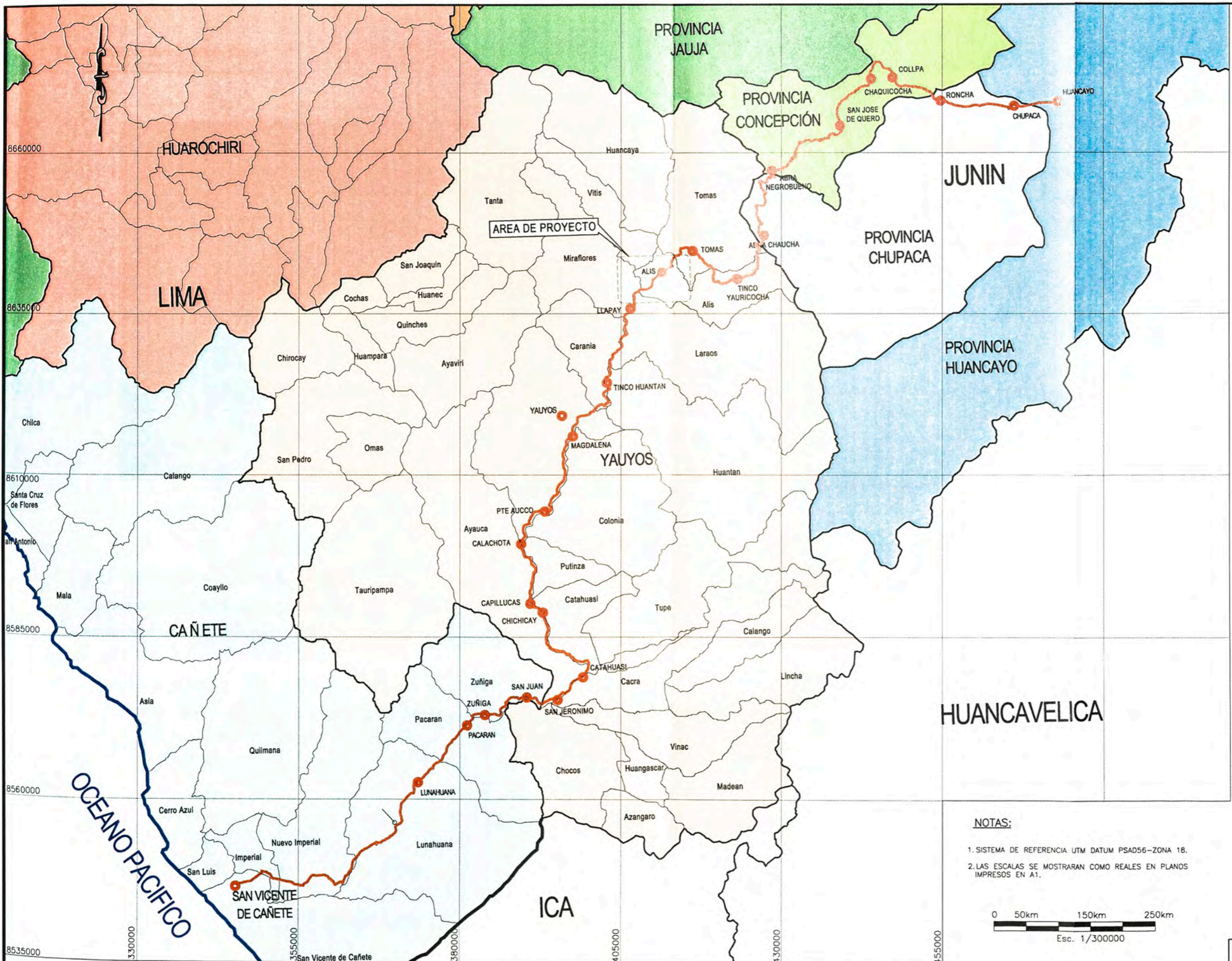


En la fotografía 3.3, se observan los trabajos de toma de muestra.



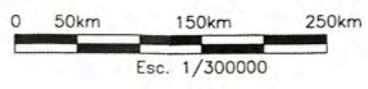
## Figura 3.2 Ubicación de Calicatas realizadas





- LEYENDA
- LIMITE DEPARTAMENTAL
  - LIMITE PROVINCIAL LIMA
  - CARRETERA CAÑETE - CHUPACA
  - CIUDADES

- NOTAS:
1. SISTEMA DE REFERENCIA UTM DATUM PSAD56-ZONA 18.
  2. LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.



AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARETERA CAÑETA - YAUYOS - HUANCAYO DEL KILOMETRO KM 165+00 AL KM 165+300

SUELOS Y PAVIMENTOS

UBICACION DEL PROYECTO

FIGURA N:  
**3.1**



### 3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas en campo, fueron trasladadas al laboratorio en Lima donde se realizaron los siguientes ensayos:

ENSAYO	Norma ASTM
Humedad natural	ASTM D-2216
Análisis Granulométrico por tamizado	ASTM D-422
Limite Líquido	ASTM D-4318
Limite Plástico	ASTM D-4318
Índice de Plasticidad	ASTM D-4318
Clasificación SUCS	ASTM D-2487
Clasificación AASHTO	ASTM D-3282

En base a los resultados de los ensayos de laboratorio, se elaboró el perfil estatigráfico de los suelos que conforman la fundación de la vía, los certificados de los resultados de laboratorio se muestran en el Anexo 3.

En el cuadro 3.1 se muestra el resumen de los ensayos de laboratorio realizado a las muestras obtenidas en campo:

Cuadro 3.1. Resumen de Ensayos de Laboratorio en el tramo 165+000  
165+300

CALICATA	MUESTRAS	PROF. (m)	ENSAYOS ESTÁNDAR							
			SUCS	GRAVA	%ARENA	% FINOS	W (%)	LL	LP	IP
C-01	M-3	0.45 - 0.80	GM - GC	65.1	34.9	13.8	5.7	25	19	6
	M-4	0.80 - 1.20	GM - GC	70.0	30.0	10.4	6.3	23	18	5
C-02	M-1	0.0 - 0.80	GM	53.0	29.0	18.0	6.1	34	32	2
	M-1	0.80 - 1.25	GM	71.5	14.5	13.9	5.7	27	24	3
C-03	M-2	0.00 - 0.80	GP - GC	80.4	12.5	7.1	--	28	18.1	9.9

### 3.4 REGISTROS DE EXCAVACIONES

Con los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas en las calicatas, se confirmó las características físico-mecánicas de los suelos de fundación en el tramo en estudio.

Seguidamente, se presenta la descripción de suelo en el área de estudio realizada por ICCGSA en su documento Estudios Técnicos para el Cambio de Estándar de Afirmado a Solución Básica Carretera: Cañete - Lunahuaná - Pacarán - Dv. Yauyos - Ronchas – Chupaca Tramo: Zúñiga - Dv. Yauyos - ronchas”, realizado el 2008.

**Descripción de Suelo entre el km 130+000 – km 220+000:** Arenas y gravas limosas y arcillosas, de mediana a baja plasticidad, clasificando en el sistema SUCS como GC, GC-GM, SC, SC-SM, y en el AASHTO, A-2-4(0). La plasticidad es variable entre 5,7% y 9,2%. En diversas perforaciones se halló afloramiento rocoso a los 0.30m. El valor de CBR considerado para este tramo según los ensayos de campo realizados por ICCGSA fue de 18%(al 95% MDS), calificándolo como suelo regular.

### 3.5 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTATIGRAFICO

Con los resultados de los ensayos de laboratorio se elaboró el perfil estratigráfico que se muestra en la Figura 3.3.

### Figura 3.3. Perfil Estatigráfico







## CAPITULO IV:

### ESTUDIO DE CANTERAS, BOTADEROS Y FUENTES DE AGUA

Para el estudio de Canteras, Botaderos y fuentes de agua se ha tomado la información del Estudio técnico para el cambio de estándar de afirmado a solución Básica, realizado por el CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS en el 2008, esta información ha sido complementada con el Estudio de Pre-inversión a nivel de factibilidad del Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cañete – Huancayo, Ruta 22, Tramo: Lunahuana-Dv. Yauyos-Chupaca, realizado por Provias Nacional.

#### 4.1. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE CANTERAS

Como canteras han sido considerados los depósitos de materiales de préstamo ubicados a lo largo de la carretera, los materiales estudiados corresponden a materiales granulares que serán utilizados para la conformación de base o sub-base del pavimento, agregados para asfalto, TSB, relleno y agregado para concreto.

A continuación se muestran las canteras seleccionadas para los trabajos a realizarse entre la Prog. 165+000 y 165+300.

##### a. CANTERA AHUICHO

Ubicación : Km 150+000 de la vía Cañete-Yauyos-Huancayo  
Lado : Derecho  
Depósito : Coluvial  
Acceso : No existe, deberá construirse un acceso de 100mts.de longitud.  
Potencia : 150 000 m<sup>3</sup>.

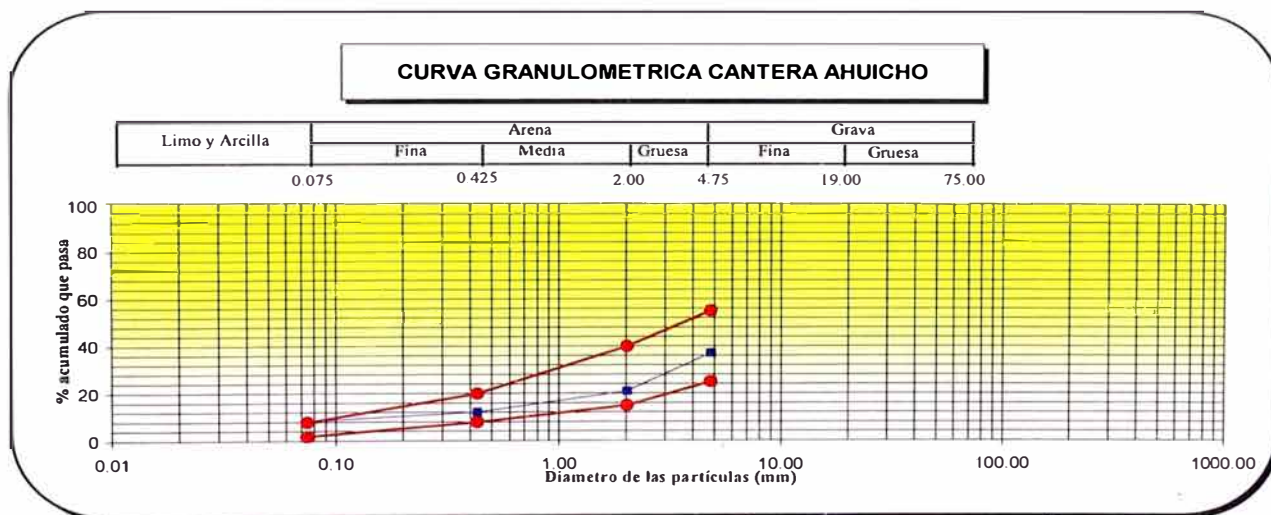
USOS	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO
Sub-Base Granular	Zarandeo	90%
Tratamiento Superficial Bicapa	Zarandeo, Chancado y lavado	90%

El material de esta cantera corresponde a gravas en una matriz limosa, cuyos agregados son de forma subangular. En el sistema SUCS clasifica como GM y en el sistema AASHTO como A-1-a(0). Los resultados de los ensayos realizados por el Consorcio Gestión de Carreteras se muestran a continuación:

ENSAYOS	RESULTADO DE ENSAYOS
CBR al 100% M.D.S	57%
Equivalente de Arena	48%
Abrasión	18%
Limite Liquido	33%
Indice de Plasticidad	6%

En el estudio de Pre-inversión realizado por Provias Nacional en el 2005, se realizaron ensayos de granulometría para la cantera Ahuicho, estos resultados se han analizado con los requerimientos granulométricos para Sub-Base granular establecidos por el MTC para Carreteras, a continuación se muestran estos resultados:

CALICATA	MUESTRA	PROF. (M)	ANALISIS GRANULOMETRICO % QUE PASA			
			No 4	No 10	No 40	No 200
CA	M - 1	0.00 - 3.00	37.1	21.0	12.2	8.3



Los datos obtenidos por el Consorcio Geston de Carreteras (2008) y Provias Nacional (2005), describen las características del material de manera similar, motivo por el cual ha sido posible hacer una descripción del material de cantera en forma extensa, sin embargo es necesario verificar esta información con una nueva toma de muestras y ensayos de laboratorio para completar la información

existente y aclarar algunas incongruencias entre los dos estudios de los resultados de laboratorio.

**b. CANTERA CHAUCHA**

Ubicación : Km 185+000 de la vía  
Lado : Derecho  
Depósito : Coluvial  
Acceso : 1200mts.de longitud.  
Potencia : 150 000 m<sup>3</sup>.

USOS	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO
Base Granular	Zarandeo, chancado y mezcla	90%

En la cantera se observan agregados de forma subangular, en el sistema SUCS clasifica como GP-GC y en el sistema AASHTO como A-2-4(0). El tamaño máximo de los agregados es de 2", y pasa 12% por la malla N° 200.

ENSAYOS	RESULTADO DE ENSAYOS
CBR al 100% M.D.S	77%
Equivalente de Arena	17%
Abrasión	33%
Limite Liquido	29%
Indice de Plasticidad	7%

En el estudio de Pre-inversión realizado por Provias Nacional en el 2005, se realizaron ensayos de granulometría para la cantera Chaucha, sin embargo estos resultados muestran incongruencia con los ensayos desarrollados por el Consorcio Gestión de Carretera el 2008, motivo por el cual se ha decidido tomar como referencia los ensayos desarrollados en el 2008 por ser mas recientes y detallados.

**c. CANTERA SAN BLAS**

Ubicación : Km 234+500 de la vía  
Lado : Izquierdo  
Depósito : Aluvional  
Acceso : 600mts.de longitud.  
Potencia : 540 000 m<sup>3</sup>.

USOS	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO
Carpeta Asfáltica	Zarandeo lavado y chancado	90%
Concreto	Zarandeo lavado y chancado	90%

En la cantera se observan agregados son de forma subangular, en el sistema SUCS clasifica como GW-GC, mientras que en el AASHTO como un A-1-a(0). El tamaño máximo de los agregados es de 2", y pasa 6% por la malla N° 200.

ENSAYOS	RESULTADO DE ENSAYOS
CBR al 100% M.D.S	47%
Equivalente de Arena	41%
Abrasión	24%
Indice de Plasticidad	6%

Esta cantera ha sido elegida por el Consorcio Gestión de Carreteras como cantera para agregado de Asfalto y Concreto, para este estudio se ha considerado válida la propuesta, sin embargo se debe realizar un nuevo muestreo y nuevos ensayos para verificar las propiedades del material.

#### 4.2. FUENTES DE AGUA Y BOTADERO

Como fuente de agua se ha considerado la proveniente del río Alis, ubicada en la progresiva 160+500, siendo esta fuente de agua la más cercana al tramo 165+000 – 165+300 de la carretera Cañete – Huancayo

En el cuadro siguiente se muestran el resumen de los ensayos químicos realizados en el Estudio desarrollado por Provias Nacional en el 2005:

FUENTE DE AGUA	LOCALIZACION	PROGRESIVA (Km)	PH	CL(ppm)	SO4	S.S.T.	M.O.
RIO ALIS	Pueblo de Alis	160+500	7.22	35.46	48.03	510.00	0.00

Se ha considerado como botadero para la construcción del tramo, el ubicado en la progresiva 181+000, las características geométricas se describen a continuación:

UBICACIÓN (Km)	LADO	DIMENSIONES			VOLUMEN (m3)
		LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	
181+000	DERECHO	1500	200	1,2	360000

Luego de la evaluación de las canteras, fuentes de agua y botaderos se debe tener en cuenta lo siguiente:

Según las características determinadas en los ensayos de laboratorio y los usos propuestos por el Consorcio Gestión de Carreteras se ha seleccionado el uso que se le dará a cada cantera, a fin de presupuestar el costo de las alternativas de los pavimentos a proponer en el capítulo 5:

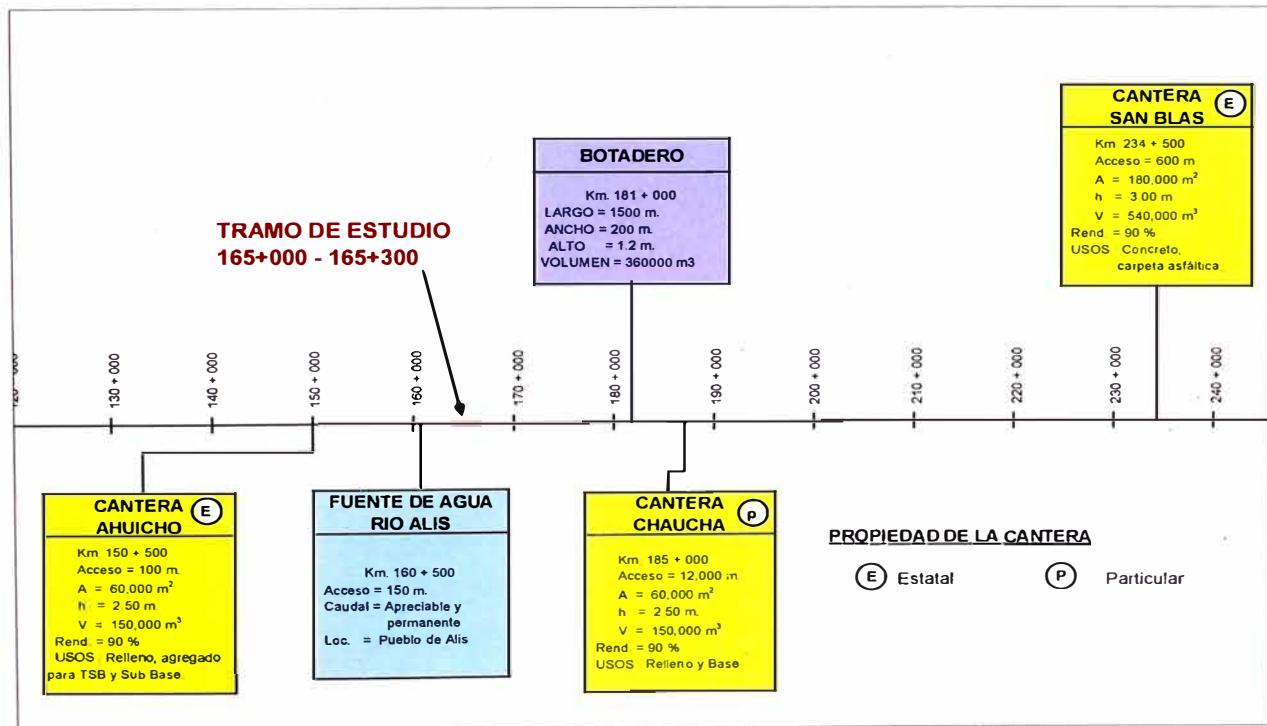
- **Cantera Ahuicho:** Se utilizará esta cantera para Sub-Base y agregado para TSB. Para sub-Base según las Especificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras EG-2000, para obras ubicadas en cotas mayores a 3000 msnm, debe cumplir la granulometría mostrada en el anexo 4, esto se ha verificado en el ítem 4.1. Sin embargo se debe realizar un nuevo muestreo en cantera para verificar las adecuadas propiedades del material y completar los ensayos faltantes exigidos por la EG-2000.
- **Cantera Chaucha:** Esta cantera se utilizará para Base granular, para mejorar sus propiedades de resistencia se propone un chancado de los bloques de roca existente y mezclarlo con el material de cantera a fin elevar el valor del CBR y reducir el porcentaje de finos reportado en los ensayos de laboratorio. Se recomienda además realizar un nuevo muestreo en cantera para verificar y completar los ensayos de laboratorio recomendados por las EG-2000.
- **Cantera San Blas:** Los agregados de esta cantera se utilizarán para agregado de carpeta asfáltica y agregados para concreto, esta recomendación es la misma planteada por el Consorcio Gestión de Carreteras, sin embargo se debe realizar un nuevo muestreo en cantera y completar los ensayos de laboratorio que la EG-2000 recomienda para este tipo de material. De las experiencias recogidas en otras obras es común chancar el material y eliminar el exceso de finos a través de un proceso de lavado, este tratamiento se plantea para esta cantera.



- Según las Especificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras EG 2000, el agua analizada de la fuente de agua es apropiada para la construcción.
- Se ha propuesto las canteras de materiales y fuentes de agua para la construcción de los pavimentos, en base a la información disponible, en todos los casos no se ha podido evaluar en su totalidad las características de los materiales y compararlas con las solicitadas por la EG 2000, por falta de ensayos de laboratorio, por esa razón se propone muestrear y desarrollar una nueva etapa de ensayos para verificar y completar la información en todas las canteras. En las situaciones donde se plantea un mejoramiento del material, se debe realizar los ensayos sobre el material tratado en laboratorio, para verificar la eficacia del tratamiento propuesto.

En la figura 4.1 se muestra la ubicación de las canteras, fuente de agua y botadero.

Figura 4.1 Ubicación de Canteras, Fuentes de Agua y Botadero



## **CAPITULO V: PAVIMENTOS**

### **5.1. CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS**

#### **5.1.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO**

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Esta estructura se apoya sobre la subrasante de la vía y cumple la función principal de resistir y transmitir las cargas impuestas por el tráfico. Así como proveer una superficie cómoda y segura a los usuarios durante el periodo para el cual fue diseñada

#### **5.1.2. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO**

Debido al complejo comportamiento de los pavimentos, existe la necesidad de adoptar métodos de diseño que consideren los diversos factores que afectan su desempeño durante su vida útil. Esta no es una tarea fácil, porque además de involucrar el análisis de los aspectos estructurales del pavimento, también involucra factores económicos, nivel de servicio de la vía y grado de seguridad que le brinda al usuario.

Algunos métodos enfatizan como objetivo del diseño, proveer a la vía de un adecuado nivel de servicio, este es el caso del Método AASHTO. Otros métodos establecen valores límites de esfuerzos y/o deformaciones en la estructura, con la finalidad de prevenir ciertos tipos de falla, como lo plantea el método del Instituto del Asfalto.

#### **5.1.3. METODO AASHTO 1993**

##### Alcances Generales

La *Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos -1993*, proporciona un grupo completo de procedimientos, los cuales pueden ser usados para el diseño y rehabilitación de pavimentos. La Guía ha sido desarrollada para proporcionar recomendaciones concernientes a la determinación de la estructura de pavimentos. Esas recomendaciones incluyen la determinación del espesor total de la estructura del pavimento, así como el espesor de los componentes estructurales individuales.

El Método AASTHO establece relaciones entre el nivel de servicio y las propiedades estructurales de los materiales que conforman la estructura del pavimento, basándose en un análisis de regresión con datos recolectados en forma experimental.

### Parámetros de Diseño

#### **a. Período de Diseño**

Es el periodo de vida útil o periodo de tiempo transcurrido para que una estructura de pavimento, nueva o rehabilitada, se deteriore desde su serviciabilidad inicial hasta su serviciabilidad final.

#### **b. Tránsito**

La demanda o volumen de vehículos, requiere ser expresado en términos de ejes equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) equivale al efecto de deterioro causado sobre el pavimento, por un eje simple de dos ruedas cargado con 8.2tn de peso, con neumáticos con presión de 80 lb/pulg<sup>2</sup>.

Desde el punto de vista del diseño del pavimento sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles, camionetas y demás vehículos livianos) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se toman en cuenta para el cálculo.

#### **c. Confiabilidad (R)**

Se entiende por confiabilidad de un proceso de diseño – comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y medio ambiente durante el periodo de diseño.

La confiabilidad básicamente es un medio para introducir cierto grado de certeza en el procedimiento de diseño. El factor de diseño basado en la confiabilidad, toma en cuenta las posibles variaciones en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento y por lo tanto, proporciona un determinado nivel

de seguridad ( $R$ ), que las secciones de pavimento sobrevivirán durante el periodo para el cual fueron diseñados. El cuadro 5.1 muestra el nivel de confiabilidad recomendado según la importancia de la vía.

Cuadro 5.1. Niveles de Confiabilidad

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad Recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y Otras Vías Libres	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO

Por otro lado para la determinación de la desviación estándar normal ( $Z_R$ ) se determina en función al grado de confiabilidad del diseño según el cuadro 5.2.

Cuadro 5.2. Desviación Estándar Normal

Confiabilidad ( $R\%$ )	Desviación Estándar Normal ( $Z_R$ )
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555

Confiabilidad (R%)	Desviación Estándar Normal (Z <sub>R</sub> )
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

#### d. Efectos Ambientales

El medio ambiente puede afectar el comportamiento del pavimento en varias formas. Los cambios de temperatura y humedad pueden tener cierto efecto sobre la resistencia, durabilidad y capacidad de carga del pavimento y de los suelos de subrasante. Otro impacto ambiental mayor es el efecto directo del hinchamiento de los suelos de subrasante, levantamiento de los pavimentos, congelamiento por heladas, desintegraciones, etc., los cuales reducen la calidad de manejo y la serviciabilidad del pavimento.

#### Criterios de Comportamiento

##### a. Serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento se define como la habilidad para servir a la clase de tránsito que lo va utilizar. La mejor forma de evaluarlo es a través del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual varía de cero (carretera imposible) a 5 (carretera perfecta). La filosofía básica del diseño es el concepto del comportamiento y capacidad de servicio, el cual proporciona un medio para diseñar un pavimento con base en un volumen específico de tránsito total y un mínimo de nivel de serviciabilidad deseado al final del periodo de diseño.

La selección de un PSI más bajo que puede tolerarse antes de que sea necesario un refuerzo o una rehabilitación, la AASHTO sugiere un índice de 2.5 o mayor para carreteras principales y de 2.0 para las demás carreteras.



Teniendo en cuenta que la serviciabilidad final de un pavimento ( $P_t$ ) depende del tránsito y de la serviciabilidad inicial ( $P_o$ ), es necesario hacer una determinación de este último. De los ensayos observados por la AASHTO se obtuvo un valor de 4.2 para pavimentos flexibles.

Con  $P_o$  y  $P_t$  determinados, se puede calcular el cambio total en el índice de serviciabilidad según la formula.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

En los cuadros 5.3 y 5.4 se recomiendan valores de serviciabilidad para el diseño de pavimentos.

Cuadro 5.3. Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_o$ )

TIPO DE PAVIMENTOS	VALOR DE SERVICIABILIDAD
Pavimento Flexible	4.2
Pavimento Rigido	4.5

Cuadro 5.4. Índice de Serviciabilidad Final ( $P_t$ )

TIPO DE VÍA	VALOR DE SERVICIABILIDAD
Carreteras Principales	2.5 ó 3.0
Carretera con Clasificación Menor	2
Carretera relativamente menores, donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos	1.5

### Propiedades de los materiales

#### **a. Modulo Resilente de la Subrasante**

AASHTO propone actualmente el uso del módulo resiliente o módulo elástico ( $M_R$ ) para una mejor caracterización de la subrasante con fines de diseño de pavimentos. Sin embargo, este módulo se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición y por tal motivo se han establecido ecuaciones de

correlación entre los valores de CBR y  $M_R$ , AASHTO propone la siguiente correlación:

$$M_R = 1500 \times \text{CBR}$$

Esta correlación es adecuada para suelos finos con CBR inferior a 10%. En otros países de Latinoamérica, como Venezuela, se utilizan las siguientes ecuaciones de correlación:

$$\begin{aligned} M_R &= 1500 \times \text{CBR} && \text{para CBR} < 7.2\% \\ M_R &= 3000 \times \text{CBR}^{0.65} && \text{para CBR de 7.2 a 20\%} \end{aligned}$$

La primera ecuación es la misma sugerida por la AASHTO, mientras que la segunda fue desarrollada en Sudáfrica.

Para suelos granulares, la guía AASHTO utiliza la relación:

$$M_R = 4326 \times \ln \text{CBR} + 241$$

Cabe destacar, que en la determinación del  $M_R$  con ecuaciones de correlación, sigue siendo limitante la variabilidad de los valores de CBR debido a las condiciones de estado de la subrasante. El CBR será diferente si se realiza el ensayo para un estado del suelo húmedo, saturado o seco-saturado que representaría las posibles condiciones de la subrasante. Para fines de diseño la AASHTO recomienda el concepto de valor de daño relativo para considerar la variabilidad estacional, a fin de ponderar las características de la subrasante a las condiciones particulares de cada proyecto, adoptando un  $M_R$  efectivo para fines de diseño.

En esta sección se aclara que la revisión de la Guía AASHTO 2002 ha introducido una nueva correlación (Aún no publicada oficialmente).

$$M_R = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

## **b. Características de los Materiales de las Capas del Pavimento**

La caracterización de las diversas capas del pavimento se efectúa a través de sus módulos de elasticidad, obtenidos de ensayos normalizados de laboratorio.

El método no presenta requisitos específicos respecto de la calidad de los materiales de subbase, resultando aceptable cualquier material convencional. El uso de la subbase en este método requiere del empleo de un coeficiente de capa ( $a_3$ ) para convertir su espesor en un número estructural (SN), que es el indicativo de su espesor dentro de la estructura del pavimento.

En relación con la base, ésta podrá ser granular, estabilizada y los requisitos de calidad deben ser, superiores a los de subbase. El material estará representado por un coeficiente ( $a_2$ ) que permite convertir su espesor real a su número estructural.

Respecto a la capa de rodadura, consistirá en una mezcla de agregados pétreos y un producto bituminoso. La mezcla se deberá diseñar y construir de modo que no solo preste una función estructural, sino que además, resista la fuerza abrasiva del tránsito, proporcione una superficie antideslizante y uniforme y prevenga la penetración del agua superficial.

## **c. Coeficientes de Capa**

Se asigna a cada capa del pavimento un coeficiente ( $a_i$ ), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.

En el anexo 5 se muestra la figura 2-4.15 extraída del manual de diseño AASHTO 1993, útil para definir el coeficiente estructural de concreto asfáltico ( $a_1$ ), de gradación densa basado en su módulo elástico ( $E_{AC}$ ) a 68 F.

En la figura 2.6 del mismo anexo se muestra la carta utilizada para definir el coeficiente estructural  $a_2$ , de base granular, tomando en cuenta cuatro diferentes ensayos de laboratorio. En la figura 2.7 del mencionado anexo se muestra la

carta utilizada para calcular el coeficiente de capa  $a_3$ , para una sub base granular a partir de cuatro diferentes ensayos de laboratorio, incluyendo el modulo resiliente de la sub base  $E_{SB}$ .

### Características Estructurales del Pavimento

#### a. Drenaje

Se describe la selección de los datos de entrada para manejar los efectos de ciertos niveles de drenaje en la predicción del comportamiento de los pavimentos. Depende del ingeniero de diseño, identificar el nivel (o calidad) de drenaje es alcanzado bajo ciertas condiciones de drenaje.

Cuadro 5.5. Niveles de Drenaje de la Estructura de Pavimento

Calidad de Drenaje	Tiempo de Remoción del Agua
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	No drena

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

El tratamiento para el nivel esperado de drenaje de un pavimento flexible se logra a través del empleo de coeficientes de capas modificadas. El factor para modificar el coeficiente de capa está referido como un valor  $m_i$  y ha sido integrado dentro de la ecuación del número estructural (SN) junto con el coeficiente de capa ( $a_i$ ) y el espesor ( $D_i$ ).

El cuadro N°5.6 muestra los valores que recomienda la AASHTO, en función de la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo durante el año en que la estructura del pavimento debería normalmente estar expuesta a niveles de humedad aproximadamente iguales a la saturación. Obviamente esto depende de las precipitaciones anuales promedio y las condiciones de drenaje prevalecientes. El valor de  $m_1$  es 1.0 en la carretera experimental AASHTO.

Cuadro 5.6. Valores de  $m_i$  recomendados para los coeficientes de capa modificados de materiales de Base y Sub Base no tratada de pavimentos

Calidad de Drenaje	% del Tiempo que la Estructura del Pavimento está Expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1	1-5	5-25	> 25
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

### Diseño Estructural del Pavimento

El método de la AASHTO (American Associations of State Highway and Transportation Officials) permite calcular el espesor de pavimento necesario para satisfacer un valor estructural determinado. Este valor o número estructural (SN) asegura que la estructura diseñada será capaz de soportar un flujo determinado de tránsito ( $W_{18}$ ), sin que los esfuerzos inducidos excedan la capacidad de soporte de la subrasante.

Este método proporciona una expresión analítica que, dada su complejidad, para efectos prácticos es reemplazada por nomogramas. Dicha formulación se presenta a continuación:

$$\text{Log } W_{18} = Z_R \times S_o + 9.36 \text{Log}(\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \text{Log}(M_R) - 8.07$$

Donde:

- $W_{18}$  = Número estimado de ejes simples equivalentes a 8.2tn.
- $Z_R$  = Desviación estándar normal.
- $S_o$  = Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento de la estructura.
- $\Delta \text{PSI}$  = Diferencia entre la serviciabilidad inicial ( $P_o$ ) y la final ( $P_t$ ).
- $M_R$  = Módulo resiliente de la subrasante.



El SN es un número abstracto, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido, para una combinación dada de soporte de la subrasante ( $M_R$ ), del tránsito total ( $W_{18}$ ), de la serviciabilidad terminal, y de las condiciones ambientales.

SN = Número Estructural indicador del espesor total del pavimento requerido:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Siendo:

- $a_i$  = Coeficiente estructural de la capa "i"  
 $D_i$  = Espesor de la capa "i" (pulgadas)  
 $m_i$  = Coeficiente de drenaje de la capa gradual "i"

### Determinación del Número Estructural

El nomograma de diseño recomendada por la AASHTO, mostrada en la figura 3-1.3 del anexo 5, permite la obtención del número estructural a partir de los siguientes parámetros:

1. Tránsito estimado durante el período de diseño ( $W_{18}$ )
2. Nivel de confiabilidad (R)
3. La desviación estándar total ( $S_o$ )
4. El módulo resiliente de la subrasante ( $M_R$ )
5. La pérdida del nivel de servicio durante el período de diseño ( $\Delta PSI$ )

Sin embargo, para efectos de cálculos computarizados la solución matemática es sumamente útil.

### Selección de los espesores de las capas

Determinado el número estructural, el paso siguiente consiste en identificar un conjunto de capas cuyos espesores, convenientemente combinados, proporcionen la capacidad de soporte a dicho SN. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Esta expresión no conduce a una solución única, sino que presenta muchas combinaciones técnicamente validas. Al elegir los espesores de las diferentes capas, debe tenerse presente los costos de inversión inicial.

### Método de Espesores Mínimos

Debido a que generalmente es impráctica y antieconómica la colocación de capas de pavimento muy delgadas, la AASHTO recomienda los siguientes espesores mínimos:

Cuadro 5.7. Espesores mínimos según número de ejes equivalentes

No de ejes equivalentes (millones)	Concreto Asfáltico (pulg)	Base Granular (pulg)
< 0.05	1.0 o TSB	4
0.05-0.15	2.0	4
0.15-0.50	2.5	4
0.50-2.00	3.0	6
2.00-7.00	3.5	6
> 7.00	4.0	6

Fuente: AASHTO Guide for Desing of Pavement Structures 1993

No obstante estos espesores mínimos pueden ser variados de acuerdo a las condiciones locales y la experiencia de cada entidad.

## 5.2. DISEÑO DE PAVIMENTOS

Para el diseño del pavimento de la Carretera Cañete – Yauyos – Huancayo en el tramo del 165+000 al 165+300, se han considerado 3 alternativas de solución: Pavimento Asfáltico, Pavimento con Tratamiento Superficial Bicapa y Pavimento rígido. Las alternativas planteadas responden a las condiciones evaluadas en la zona, al final del diseño se propondrá como solución la alternativa que tenga una mejor respuesta técnica y económica.

### 5.2.1. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

#### a. *Periodo de Diseño*

El Diseño del pavimento flexible para el tramo de la carretera Cañete-Yauyos-Huancayo del Km 165+000 al 165+300, se realizó para un periodo de 20 años en dos etapas, con un refuerzo a los 10 años. Durante este periodo se realizarán mantenimientos rutinarios y periódicos.

#### b. *Determinación del Factor Camión (FC)*

Se ha determinado el FC usando las cargas máximas reglamentarias según el DS. No 58 – 2003 MTC.

Cálculo de Factor Camión

Tipo de vehículo	Factor Camión
	Cargas máx. Regl.
Bus 2E	4.50
Bus > 2E	3.34
C2	4.50
C3	3.34

#### c. *Determinación de los Ejes Equivalentes*

Se ha tomado como fuente de información el estudio de tráfico elaborado por el Consorcio Gestión de Carreteras en Junio del 2008, en el tramo Zúñiga - Dv. Yauyos-San José de Quero. La tasa de crecimiento para el cálculo del tráfico proyectado se consideró 6.5 para camiones que corresponde al PBI de Lima entre los años 2001 y 2007 y 1.5 que corresponde al crecimiento poblacional de

Lima en promedio desde el 2001 al 2008. Además se ha considerado un tráfico generado debido a la mejora de la carretera del 30%, que en promedio es lo estimado en por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones para carreteras de esta categoría. A continuación se muestra el cálculo de los ejes equivalentes. IMD en el tramo Zúñiga - Dv. Yauyos-San José de Quero:

	IMD (sentido)	BUS 2E	BUS >2E	C2	C3
	1-2	4	0	4	7
	2-1	4	0	5	4
<b>Tráfico Generado 30%</b>	<b>1-2</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
	<b>2-1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
	<b>Tasa %</b>	<b>1.50%</b>	<b>1.50%</b>	<b>6.50%</b>	<b>6.50%</b>

Cálculo del Factor Camión para cada tipo de vehículo.

FACTOR CAMION TOTAL	BUS 2E	BUS > 2E	C2	C3
		4.50365	3.33897	4.50365

Cálculo del No de Ejes Equivalentes para 10 y 20 años.

Para 10 años:

IMD (sentido)	BUS 2E	C2	C3	EAL
1-2	105561	133096	164460	4.03E+05
2-1	105561	155278	98676	3.60E+05
TOTAL				7.63E+05

Para 20 años:

IMD (sentido)	BUS 2E	C2	C3	EAL
1-2	228069	382934	473173	1.08E+06
2-1	228069	446756	283904	9.59E+05
TOTAL				2.04E+06

d. Cálculo de  $W_{18}$

$$W_{18} = EAL \times D_D \times D_L$$

Donde:

EAL: Ejes equivalentes a 8.2tn

$D_D$  : Factor de distribución direccional (50%, 2 direcciones)

$D_L$  : Factor de distribución de carril (100%, para 1 solo carril por dirección)

Reemplazando valores tenemos:

Para 10 años

$$W_{18} = 7.63E+05 \times 0.5 \times 1$$

$$W_{18} = 3.81E+05$$

Para 20 años

$$W_{18} = 2.04E+06 \times 0.5 \times 1$$

$$W_{18} = 1.02E+06$$

**e. Nivel de Confiabilidad (R)**

La carretera Cañete – Yauyos – Huancayo forma parte de la red vial Nacional por esa razón en el cuadro 5.1 clasifica como carretera Rural principal por ser una arteria de integración nacional, el nivel de confiabilidad de diseño 90% sin embargo el diseño se realizará en dos etapas elevando la confiabilidad a 95%.

Para una confiabilidad de 95% tenemos una Desviación Estándar Normal de:

$$Z_R = -1.645.$$

**f. Desviación Estándar total (So)**

De acuerdo con el cuadro 5.8, para pavimentos flexibles de Desviación Estándar varía entre 0.40 – 0.45. Para el diseño se elige un valor promedio **So = 0.42**

Cuadro 5.8. Desviación Estándar Total

TIPO DE PAVIMENTOS	DESVIACION ESTANDAR TOTAL (So)
Pavimento Flexible	0.40 – 0.45
Pavimento Rigido	0.30 – 0.45

Fuente: AASHTO Guide for Desing of Pavement Structures 1993

**g. Serviciabilidad (R)**

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

Po : Índice de Serviciabilidad Inicial (4.2 Bueno – Excelente)

Pt : Índice de Serviciabilidad Final (2.2 Regular)

Reemplazando valores tenemos:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.2$$

$$\Delta PSI = 2.0$$



**h. Módulo Resiliente de la Subrasante ( $M_R$ )**

Del estudio de Mecánica de suelos y los ensayos realizados por el Consorcio Gestión de Carreteras se tiene el CBR promedio para el tramo 130+000 al 220+000 de 18% al 95% de la MDS.

Utilizando la ecuación:  $M_R = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$

Reemplazando:

$$M_R = 2555 \times 18^{0.64}$$

$$M_R = 16247 \text{ psi}$$

**i. Cálculo del número Estructural SN**

Resumen de Datos:

Confiability	R	= 95%
Desviación estándar normal	$Z_R$	= -1.645
Desviación estándar total	$S_o$	= 0.42
Ejes equivalentes	$W_{18}$	= 3.81E+05
Módulo resiliente	$M_R$	= 16246.7psi
Pérdida de nivel de servicio	$\Delta\text{PSI}$	= 2.0

Calculando SN apoyado en hoja de Calculo de AASHTO 1993 (2.0)

El valor del numero estructural SN = 2.28

**j. Diseño de Espesores**

Se asume para el diseño una condición de drenaje Buena, con un porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación mayores al 25%, de donde se obtiene del cuadro 5.6:

Drenaje de la base granular  $m_2 = 1.0$

Drenaje de la subbase granular  $m_3 = 1.0$

Coeficientes de capas:

De las tablas de 2-4.15, 2.6 y 2.7 del anexo 5.

Carpeta asfáltica Marshall Stability=1800 lb  $a_1 = 0.41 \text{pulg}^{-1}$

Base granular CBR = 100%  $a_2 = 0.14 \text{pulg}^{-1}$

$M_R = 27500 \text{psi}$

Subbase granular CBR = 57%  $a_3 = 0.13 \text{pulg}^{-1}$

$M_R = 18000 \text{psi}$

### **Criterio de espesores mínimos**

Para un tránsito  $3.81E+05$  los espesores mínimos recomendados por la AASHTO son:

$$D_1 = 2.5''$$

$$D_2 = 4''$$

Además se utiliza el criterio de espesores mínimos constructivos para  $D_2$  y  $D_3$  por ser capas de material granular, estos varían entre 6" y 8".

Tomando en cuenta estos 2 criterios, se propone:  $D_1 = 3''$ ,  $D_2 = 8''$  y  $D_3 = 0$ .

$$SN=2.28$$

$$2.27 = 0.41 \times 3 + 0.13 \times 8 \times 1.0 + 0.13 \times 0 \times 1.0$$

Figura 5.1. Estructura de Pavimento flexible: Primera etapa de 10 años



#### **k. Cálculo del Refuerzo a los 10 años para llegar a 20 años de vida útil**

Calculando el tráfico de diseño para el periodo de entre 10 y 20 años

$$W_{18(10-20 \text{ años})} = W_{18(20 \text{ años})} - W_{18(10 \text{ años})} = 6.40 E+05$$

Utilizando los mismos parámetros antes calculados:

Confiabilidad  $R = 95\%$

Desviación estándar normal  $Z_R = -1.645$

Desviación estándar total  $S_o = 0.42$

Ejes equivalentes  $W_{18} = 6.40 E+05$

Módulo resiliente  $M_R = 16246.7 \text{ psi}$

Pérdida de nivel de servicio  $\Delta PSI = 2.0$

Calculando SN apoyado en hoja de Calculo de AASHTO 1993 (2.0)

El valor del número estructural  $SN_{\text{requerido}} = 2.48$  (periodo 10 a 20 años)

Para encontrar en número estructural de refuerzo  $SN_{\text{refuerzo}}$ , se calcula el número de ejes equivalentes de 0 a 10 años que ocasiona el deterioro de la vía hasta un nivel de  $PSI_{\text{final}} = 1.5$ , con este valor del tráfico se encuentra un porcentaje de desgaste del pavimento que se representa por el número estructural remanente  $SN_{\text{remanente}}$  luego:

$$SN_{\text{refuerzo}} = SN_{\text{requerido}} - SN_{\text{remanente}}$$

Calculando  $W_{18}$  apoyado en hoja de Calculo de AASHTO 1993 (2.0)

El valor del número de eje equivalentes  $W_{18} = 4.33 \text{ E}+05$  (a nivel de  $PSI_{\text{final}}=1.5$ )

$$RL = 100 \times (1 - W_{18} / W'_{18})$$

$W_{18}$ : Número de Ejes Equivalentes de diseño de 0 a 10 años a nivel de  $PSI_{\text{final}}=2.2$

$W'_{18}$ : Número de Ejes Equivalentes de diseño de 0 a 10 años a nivel de  $PSI_{\text{final}}=1.5$

$$RL = 100 \times (1 - 381000 / 433000)$$

$$RL = 12.01$$

Con este valor ingresamos a la figura 5.2, y se encuentra el valor del factor de condición del pavimento.

$$FC=0.71$$

$$SN_{\text{remanete}} = 0.71 \times SN_{\text{diseño}}$$

$$SN_{\text{remanete}} = 0.71 \times 2.28$$

$$SN_{\text{remanete}} = 1.62$$

$$SN_{\text{refuerzo}} = SN_{\text{requerido}} - SN_{\text{remanete}}$$

$$SN_{\text{refuerzo}} = 2.48 - 1.62$$

$$SN_{\text{refuerzo}} = 0.86$$

Para el refuerzo solo se considera la capa de Asfalto.

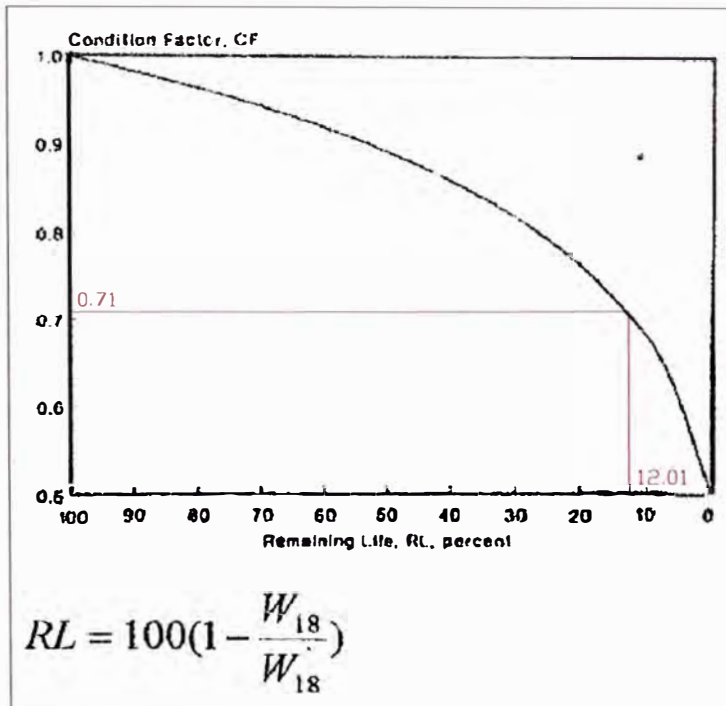
$$SN_{\text{refuerzo}} = a_1 \times D_1$$

$$0.86 = 0.41 \times D_1$$

El refuerzo será 2" de carpeta asfáltica.



Figura 5.2. Vida Remanente



### 5.2.2. DISEÑO DE PAVIMENTO CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (TSB)

Para el diseño del Pavimento Superficial Bicapa (TSB), se han utilizado los mismos parámetros de diseño que para pavimento asfáltico, en el diseño del TSB no se considera la delgada capa de rodadura sobre la base granular. El periodo de diseño es de 20 años en 2 etapas, con mantenimientos rutinarios y periódicos sobre la superficie de rodadura durante su vida útil, se prevé renovar la capa superficial cada 3 años. Luego de transcurrido este periodo de 10 años (primera etapa) se colocará un refuerzo de carpeta asfáltica de 2.5 plg para completar un periodo de vida útil de 20 años.

Debido a que las condiciones de tráfico y periodos de diseño son los mismos para TSB que para Pavimento Asfáltico, los valores de: IMD, Factor camión, tráfico generado, tasa de crecimiento, Número de Ejes equivalentes y  $W_{18}$ , se mantienen para el diseño del pavimento con TSB. (Estos valores fueron calculados en el ítem 5.2.1)

#### a. Cálculo del Número Estructural SN

Resumen de Datos:

Confiabilidad	R	= 95%
Desviación estándar normal	$Z_R$	= -1.645
Desviación estándar total	$S_o$	= 0.42
Ejes equivalentes para el periodo de diseño de 0 a 10 años	$W_{18}$	= 3.81E+05
Módulo Resiliente	$M_R$	= 16246.7psi
Pérdida de nivel de servicio	$\Delta PSI$	= 2.0

Calculando SN apoyado en hoja de Calculo de AASHTO 1993 (2.0)

El valor del numero estructural SN = 2.28

### b. Diseño de Espesores

Las consideraciones de drenaje, son las mismas consideradas en el diseño del pavimento asfáltico.

Drenaje de la base granular  $m_2 = 1.0$

Drenaje de la sub-Base granular  $m_3 = 1.0$

Además se utilizarán los mismos materiales para base y sub-Base, utilizados en el diseño del pavimento asfáltico, manteniéndose los coeficientes para las capas granulares:

$$a_2 = 0.14 \text{ pulg}^{-1}$$

$$a_3 = 0.13 \text{ pulg}^{-1}$$

### **Criterio de espesores mínimos**

Para un tránsito  $3.81E+05$  los espesores mínimos recomendados por la AASHTO son:

$$D_2 = 4''$$

Además se utiliza el criterio de espesores mínimos constructivos para  $D_2$  y  $D_3$  por ser capas de material granular, estos varían entre 6" y 8".

Tomando en cuenta estos 2 criterios se propone:  $D_2 = 6''$  y  $D_3 = 12''$ .

SN=2.28

$$2.34 = 0.41 \times 0 + 0.13 \times 6 \times 1.0 + 0.13 \times 12 \times 1.0$$

Figura 5.3 Estructura del Pavimento con TSB: Primera etapa de 10 años



c. *Cálculo del Refuerzo a los 10 años*

El diseño propone 10 años de vida útil, durante los cuales se realizaran mantenimientos rutinarios y periódicos para mantener la superficie de TSB, transcurrido el periodo de diseño se colocará una carpeta asfáltica de 2.5 plg de refuerzo.

Calculando el tráfico de diseño para el periodo de entre 10 y 20 años

$$W_{18(10-20 \text{ años})} = W_{18(20 \text{ años})} - W_{18(10 \text{ años})} = 6.40 \text{ E}+05$$

Utilizando los mismos parámetros antes calculados:

Confiabilidad	R	= 95%
Desviación estándar normal	$Z_R$	= -1.645
Desviación estándar total	$S_o$	= 0.42
Ejes equivalentes	$W_{18}$	= 6.40 E+05
Módulo resiliente	$M_R$	= 16246.7psi
Pérdida de nivel de servicio	$\Delta PSI$	= 2.0

Calculando SN apoyado en hoja de Calculo de AASHTO 1993 (2.0)

El valor del número estructural SN  $_{\text{requerido}} = 2.48$  (periodo 10 a 20 años)

Para encontrar en número estructural de refuerzo  $SN_{\text{refuerzo}}$ , se calcula el número de ejes equivalentes de 0 a 10 años que ocasiona el deterioro de la vía hasta un nivel de PSI final = 1.5, con este valor del tráfico se encuentra un porcentaje de desgaste del pavimento que se representa por el número estructural remanente  $SN_{\text{remanente}}$  luego:

$$SN_{\text{refuerzo}} = SN_{\text{requerido}} - SN_{\text{remanete}}$$

Calculando  $W_{18}$  apoyado en hoja de Calculo de AASHTO 1993 (2.0)

El valor del número de eje equivalentes  $W_{18} = 4.33 \text{ E}+05$  (a nivel de  $PSI_{\text{final}}=1.5$ )



$$RL = 100 \times (1 - W_{18} / W'_{18})$$

$W_{18}$ : Número de Ejes Equivalentes de diseño de 0 a 10 años a nivel de  $PSI_{final} = 2.2$

$W'_{18}$ : Número de Ejes Equivalentes de diseño de 0 a 10 años a nivel de  $PSI_{final} = 1.5$

$$RL = 100 \times (1 - 381000 / 433000)$$

$$RL = 12.01$$

Con este valor ingresamos a la figura 5.2, y se encuentra el valor del factor de condición del pavimento.

$$FC = 0.71$$

$$SN_{remanete} = 0.71 \times SN_{diseño}$$

$$SN_{remanete} = 0.71 \times 2.28$$

$$SN_{remanete} = 1.62$$

$$SN_{refuerzo} = SN_{requerido} - SN_{remanete}$$

$$SN_{refuerzo} = 2.48 - 1.62$$

$$SN_{refuerzo} = 0.86$$

Para el refuerzo sólo se considera la carpeta de Asfalto.

$$SN_{\text{refuerzo}} = a_1 \times D_1$$

$$0.86 = 0.41 \times D_1$$

El refuerzo será 2" de carpeta asfáltica

### 5.2.3. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

En el diseño de pavimentos rígidos, por el método de la AASHTO 1993 requiere que la estructura del pavimento satisfaga un determinado espesor de losa de concreto, para nuestro caso además esta losa estará apoyada sobre una capa de material granular (subbase), toda la estructura se calcula en función del tráfico que circulará por la vía, a la capacidad de soporte del suelo sobre el cual se apoyará la estructura del pavimento.

#### a. *Periodo de Diseño*

El Diseño del pavimento rígido para el tramo de la carretera Cañete-Yauyos-Huancayo del Km 165+000 al 165+300, se realizó para un periodo de 20 años. Durante este periodo se realizarán mantenimientos rutinarios y periódicos mínimos, puesto que el concreto ofrece una mejor resistencia al tráfico durante su vida útil, no se reforzará el pavimento durante estos 20 años.

Debido a que las condiciones de tráfico y periodos de diseño son los mismos para el pavimento rígido que para Pavimento Asfáltico, los valores de: IMD, Factor camión, tráfico generado, tasa de crecimiento, Número de Ejes equivalentes y  $W_{18}$ , se repiten para el diseño del pavimento rígido. (Estos valores fueron calculados en el ítem 5.2.1)

#### b. *Nivel de Confiabilidad (R)*

El nivel de confiabilidad se considerará el mismo que para el diseño de pavimento Asfáltico, teniendo en cuenta que el pavimento rígido se construirá sólo en una etapa y esto hace mantener el valor de 85% de nivel de confiabilidad.

Para una confiabilidad de 85% según el cuadro 5.2 tenemos una Desviación Estándar Normal de:  $Z_R = -1.037$ .

c. *Desviación Estándar total ( $S_o$ )*

De acuerdo con el cuadro 5.8, para pavimentos rígidos la Desviación Estandar Total varía entre 0.30 – 0.45. Para el diseño se elige un valor promedio  
 **$S_o = 0.38$**

d. *Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ )*

De los cuadros 5.3 y 5.4, se ha seleccionado para el diseño:

Po : Índice de Serviciosabilidad Inicial ( $P_o$ ) = 4.5

Pt : Índice de Serviciosabilidad Final ( $P_t$ ) = 2.5

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Reemplazando valores tenemos:

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.5$$

$$\Delta PSI = 2.0$$

e. *Módulo Resilente de la Subrasante ( $M_R$ )*

Este valor se considerará el mismo que para el diseño de Pavimento

Utilizando la ecuación:  $M_R = 2555 \times CBR^{0.64}$

Reemplazando:

$$M_R = 2555 \times 18^{0.64}$$

$$M_R = 16247 \text{ psi}$$

f. *Módulo Resilente de la Sub base ( $M_{RSB}$ )*

Para calcular el modulo Resilente de la sub-Base nos apoyamos en la tabla 2.7 del anexo 5, entrando con un CBR=57%, que es el valor de CBR de nuestra cantera para sub-Base, se obtiene un valor aproximado de  $M_{RSB} = 18200 \text{ psi}$ .

g. *Caracterización de los Materiales del Pavimento*

Para el diseño del pavimento rígido es necesario calcular los módulos de elasticidad (o resilente) de los materiales que conformarán la estructura del pavimento, a continuación se calculan los parámetros del concreto útiles para el diseño.

Concreto:  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

$$E_C = (15000)(f'c)^{0.50} = 217,370.65 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_C = 3'091,737 \text{ psi}$$

$$S_C = 3.2 (f'c)^{1/2} \text{ (modulo de rotura a la flexión)}$$

$S_C = 660$  psi (modulo de rotura a la flexión)  
Sub-Base:  $CBR = 57\%$   
 $E_{subbase} = 18200$  psi (De la tabla 2.7 del anexo 5)  
Subrasante:  $M_R = 16247$  psi

*h. Coeficiente de Drenaje ( $C_d$ )*

El coeficiente de drenaje se supone tendrá la misma eficiencia estimada para el cálculo de pavimento asfáltico, por lo que el valor del Coeficiente de Drenaje es:  
 $C_d = 1.00$

*i. Transferencia de Cargas ( $J$ )*

AASHTO recomienda que para pavimentos sin dispositivos de transferencia de carga en las juntas y juntas planas el valor del coeficiente de transferencia ( $J$ ) se encuentra entre 3.8 y 4.4, para el diseño adoptaremos el valor promedio.

Coeficiente de Transferencia de Carga  $J = 4.10$

*j. Pérdida de Soporte ( $L_s$ )*

El factor de pérdida de soporte debe ser considerado en términos de movimientos diferenciales verticales del terreno los cuales resultan en la creación de vacíos en la cercanía de la losa, reduciendo la vida del pavimento. En la tabla 2.7 Rangos típicos de factores de pérdida de soporte  $L_s$ , del anexo 5, se muestran rangos de valores típicos de pérdida de soporte dependiendo del tipo de material, el cual influirá en la determinación del módulo de reacción de Subrasante  $k$ .

De esta tabla se considera el valor de  $L_s = 1.0$ , para la losa que se apoyará sobre la subbase, tomándose en consideración el módulo resiliente de la sub-Base.

*k. Módulo de reacción de la Subrasante ( $K$ )*

Para la determinación del módulo de reacción de subrasante compuesto se hace uso del ábaco 3.3, del anexo 5, grafica extraída del manual de diseño de pavimentos AASHTO.

Con los valores del módulo resiliente de la subrasante, el módulo de elasticidad de la sub-Base (o resiliente) y considerando un espesor de la subbase de 6" hacemos uso de la Figura 3.3 del manual de diseño de la AASHTO para la estimación del módulo compuesto de reacción de subrasante  $k$ , mediante la cual obtenemos el valor de  $k = 800$  pci. Aproximado.

Corrigiendo este valor por pérdida de soporte haciendo uso del la Figura 3.6, del anexo 5, figura extraída del manual de Diseño de pavimentos AASHTO, obtenemos que:

Para  $L_s = 1.0$  y  $k = 800$  pci tenemos  $\rightarrow k = 200$  pci

### I. Cálculo de Espesor de Losa (D)

Resumen de Datos:

Confiabilidad	$R = 85\%$
Desviación estándar normal	$Z_R = -1.037$
Desviación estándar total	$S_o = 0.38$
Ejes equivalentes	$W_{18} = 1.02E+06$
Coefficiente de Drenaje	$C_d = 1.00$
Coef. de Transferencia de Carga	$J = 4.10$
Módulo de Elasticidad del concreto	$E_c = 3'091,737$ psi
Módulo de Rotura a la flexión	
Del concreto	$S_c = 660$ psi
Pérdida de soporte	$L_s = 1.0$
Módulo de reacción	$K = 200$ pci

Calculando D (espesor de losa) apoyado en hoja de Cálculo de AASHTO 1993 (2.0)



Se ha calculado un espesor de losa de 7.5". Equivalente a 18.75 cm. Por lo que se plantea una losa de concreto de 20 cm. Apoyada sobre una capa de material granular de 6". Lo que es equivalente a 15cm.

Figura 5.4 Estructura del Pavimento rígido: Etapa de 20 años



Luego de conocer el diseño de pavimento de las tres alternativas planteadas, se ha elegido como mejor opción el pavimento rígido por las siguientes razones:

1. Presenta la mejor opción económica (Este análisis económico no forma parte de este informe, se encuentra desarrollado en el informe de costos que forma parte del expediente técnico, este análisis no esta dentro de los alcances del informe de Suelos y Pavimentos), comparada con las

otras alternativas en un escenario de 20 años de vida útil, incluyendo inversión inicial, mantenimiento y refuerzo de la estructura del pavimento.

2. Requiere de un menor mantenimiento durante su vida útil, reduciendo las interrupciones del tráfico en la vía, incrementando la transitabilidad durante los 20 años de periodo de diseño.
3. Ofrece mejores condiciones medioambientales, debido a permite cerrar canteras, botaderos, fuentes de agua una vez concluida la construcción de la carretera, lo que no sucede con las otras 2 alternativas, estas necesitan mantener canteras disponibles durante los mantenimientos rutinarios, periódicos y durante el periodo de refuerzo del pavimento.
4. Genera menores residuos durante los 20 años de vida útil, pues estos residuos se generaran en su mayoría durante la construcción de la vía, el mantenimiento se concentra en la reparación de juntas entre paños de la losa, situación diferente a las dos alternativas de asfalto y TSB, donde el mantenimiento rutinario o periódico genera mayor cantidad de residuos.
5. En zonas de fuerte precipitación, permite un drenado rápido a través de la superficie de rodadura, contribuyendo a mantener la vía seca generando mayor seguridad al conductor y evitando el deterioro por la interacción de los neumáticos y el agua sobre la superficie de rodadura.
6. Ofrece mejor resistencia a derrames de combustible, aceite y grasas que en ocasiones se convierten en disolventes del asfalto.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo se resumen a continuación:

1. Para la ampliación y Mejoramiento del tramo de la Carretera Cañete – Yauyos – Huancayo entre las progresivas 165+000 y 165+300, se propone cortar el talud superior al lado izquierdo de la vía, el mismo que no presenta zonas críticas de deslizamientos, derrumbes, caída de piedras o situaciones de inestabilidad, tampoco se muestra excavación en roca de forma masiva. El talud de corte se ha estimado siguiendo el talud natural existente H:V de 1:3. Este talud de corte se muestra cubierto de vegetación, esta situación contribuye a la estabilidad de los taludes, se ha previsto recomponer esta situación como obra de remediación.
2. En el mismo tramo, sobre el talud inferior (al lado derecho de la vía) se ubica el pueblo de Alis, el talud existente se muestra estable pero en una condición expectante, puesto que se observó durante la visita de campo un muro de piedra vertical, para contener los derrumbes que se originen a causa de lluvias, vibraciones de los vehículos o sismos. En vista de la situación se analizó la estabilidad del talud existente frente a las cargas futuras que soportará la vía. El análisis de estabilidad se desarrolló en base a información bibliográfica recopilada y se planteó una solución al problema, sin embargo se debe tener presente que los parámetros de suelo asumidos para la estabilidad deben ser verificados con un estudio de suelo a detalle, y una evaluación con mayor detenimiento en la zona.
3. Se ha estimado un porcentaje de excavación en roca buena y roca triturada en base a una percepción visual recogida en la visita de campo, esta estimación debe ser verificada en campo con la elaboración de trincheras o similares que permitan una estimación más precisa del tipo de material a excavar, debido a la incidencia en el costo y la programación de obra.
4. Con los ensayos de mecánica de suelo desarrollados en esta etapa se ha podido verificar las características del suelo de cimentación de la vía, estos parámetros han sido base para el diseño de pavimentos.

5. Se han planteado tres canteras: Ahuicho para sub-Base granular y agregado para TSB, Chaucha para Base granular, y San Blas para agregados de concreto y Carpeta Asfáltica, para cada una de estas canteras se ha planteado un tratamiento que permita cumplir con los requisitos establecidas en la EG 2000.
  
6. Se ha propuesto las canteras de materiales y fuentes de agua para la construcción de los pavimentos en base a la información suministrada por ICGCSA y Provias Nacional, en todos los casos no se ha podido evaluar en su totalidad las características de los materiales por falta de ensayos de laboratorio, y en algunos casos se encontró incongruencia entre una y otra información. Se debe completar los ensayos que permitan verificar las propiedades de los materiales y los tratamientos asumidos para cada cantera según su uso.
  
7. Se plantearon tres alternativas de pavimento para el tramo, según la evaluación económica realizada a las tres alternativas (pavimento rígido, pavimento asfáltico y pavimento con TSB) se eligió como mejor opción la construcción de pavimento rígido por ser más beneficiosa para un periodo de 20 años. Económicamente en un periodo de 20 años es la mas económica, ofrecer menores tiempos de mantenimiento y por consecuencia mayor transitabilidad, es una mejor alternativa ambiental pues reduce desperdicios, permite menor utilización de canteras permite un drenaje rápido y ofrece mayor duración contra derrames de combustible o similares.

## RECOMENDACIONES

1. Luego de la construcción se debe revegetar las zonas afectadas durante la construcción, esta condición favorece a la estabilidad de los suelos.
2. Se deben realizar trincheras en los taludes de corte a fin de determinar el material a excavar (Roca, roca fracturada o suelo), pues estos inciden de manera directa en los costos y la programación de la obra.
3. Se debe realizar una evaluación a detalle del talud inferior existente (lado derecho de la vía) y de las estructuras de contención colocadas
4. Para desarrollar un análisis de estabilidad con mayor precisión es necesario realizar exploraciones geotécnicas a detalle que permitan conocer los parámetros geotécnicos de suelo en la zona y verificar el análisis de estabilidad desarrollado en el capítulo II de este informe e incrementar el número de soluciones.
5. Se deben realizar nuevos muestreos y ensayos de laboratorio para todas las canteras propuestas, debido a que existe incongruencia en la información suministrada por ICGCSA y Provias Nacional, que permitan verificar la calidad del material existente en las canteras.
6. Las muestras tomadas en campo deben ser ensayadas luego de realizarse en laboratorio los tratamientos propuestos para cada cantera, sólo así se verificará que el tratamiento propuesto es correcto.
7. Se ha notado la presencia de ríos a lo largo de la carretera, los cursos de agua son principales fuentes de cantera de material para agregado de concreto, se recomienda analizar la posibilidad buscar una nueva cantera en el lecho de río para la alternativa de pavimento rígido, esta situación reduciría los costos para esta alternativa.



## BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN AYESA Y ALPHA CONSULT, Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental Red Vial No 6 Carretera –Lunahuaná – Huancayo, Lima 1996
- CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS, Estudio de Canteras y Botaderos. Lima 2008
- CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS, Estudios técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución Básica Carretera: Cañete – Yauyos – Chupaca Tramo: Zuñiga – Desv.Yauyos – Ronchas. Lima 2008
- DAS BRAJA M. Fundamentos De Ingeniería Geotécnica, Editorial Limusa, Mexico 1973.
- JUAREZ BADILLO, EULALIO; Mecánica de Suelos – Tomo I; Editorial Limusa, Mexico 1973.
- MTC - DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. Manual de Diseño de Carreteras pavimentadas de bajo volumen de tráfico. Lima Marzo del 2008
- MTC - DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras – DG 2001. Lima Marzo del 2001
- MTC - DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carretera EG-2000. Lima 2000.
- PROVIAS-NACIONAL GERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS. Estudio de Pre-Inversión a nivel de factibilidad, Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Cañete-Huancayo, Ruta 22. Tramo Lunahuaná-Dv. Yauyos-Chupaca. Lima – Agosto 2005.

## **ANEXO 1**

### **PARAMETROS DE SUELOS**

1.- Evaluation of Soil and Rock Properties

FHWA

2.- Engineering Rock Mechanics Volumen 1 y 2

Hudson, John A. - Harrison, John P

3.- Mecanica de Suelos y Cimentaciones

Perez Alama

4.- Ingenieria Geológica

Luis Gonzales de Vallejo, Mercedes Ferrer, Luis Ortuño, Carlos Oteo.

**Suelos finos:**

DESCRIPCION	ANGULO DE FRICCION (°)	COHESION (KG/CM2)
Muy blandas	0	0-10
Blandas	0-2	0.10-0.25
Medianamente compactas	2-4	0.25-0.50
Compactas	4-6	0.50-1.00
Muy compactas	6-12	1.00-2.00
duras	>12	>2.00

**Suelos granulares:**

DESCRIPCION	ANGULO DE FRICCION (°)
Muy sueltas	28
Sueltas	28-30
Medianamente densas	30-36
Densas	36-41
Muy densas	>41

## **ANEXO 2**

### **DISEÑO DE MURO CON SUELO REFORZADO**

# MAC.ST.A.R.S 2000 – Rel. 2.2

MACcaferri STability Analysis of Reinforced Slopes  
Maccaferri de Perú SAC, Carretera Nueva Panamericana Sur Km33 Lurin - Lima  
Tel. 430-0292 - Fax 430-0289

MACCAFERRI DE PERU S.A.C

Proyecto.....: Terramesh System Tramo Km 165+060 y 165+110

Sección Transversal : Sección 165+080

Local :Lima

Carpeta.....:

Archivo :PR-PR-195 Análisis Estático Sección 1.mac

Fecha :24/06/2009



## PROPIEDADES DEL SUELO

**Suelo: RELLENO** Descripción: RELLENO GRANULAR COMPACTADO AL 95%  
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

Cohesión.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Ángulo de Fricción.....[°].....: 34.00  
 Peso unitario – arriba del nivel del agua.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.00  
 Peso unitario – abajo del nivel del agua.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 18.00

**Suelo: TERRENO** Descripción: TERRENO NATURAL (DATOS  
PROPORCIONADOS)

Cohesión.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 0.00  
 Ángulo de Fricción.....[°].....: 35.00  
 Peso unitario – arriba del nivel del agua.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.60  
 Peso unitario – abajo del nivel del agua.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 19.60

**Suelo: TM** Descripción: TERRAMESH SYSTEM

Cohesión.....[kN/m<sup>2</sup>].....: 12.50  
 Ángulo de Fricción.....[°].....: 40.00  
 Peso unitario – arriba del nivel del agua.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 17.50  
 Peso unitario – abajo del nivel del agua.....[kN/m<sup>3</sup>].....: 17.50

### Bloque: TM\_01

Block dimensions.....[m].....: Ancho de la Base... = 5.00      Altura = 1.00  
 Origen del Bloque.....[m].....: Abscisa..... = 16.17      Ordenada = 1.00  
 Inclinación de la Cara.....[°].....: 0.00

### Padrón de los refuerzos:

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 0.50

Largo.....[m]..... = 4.00  
 Gavión.....[m]: Altura..... = 0.50      Ancho..... = 1.00

### Bloque: TM\_02

Block dimensions.....[m].....: Ancho de la Base... = 5.00      Altura = 1.00  
 Back Shift.....[m]..... = 0.10 por TM\_01  
 Inclinación de la Cara.....[°].....: 0.00

### Padrón de los refuerzos:

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 0.50

Largo.....[m]..... = 4.00  
 Gavión.....[m]: Altura..... = 0.50      Ancho..... = 1.00

### Bloque: TM\_03

Block dimensions.....[m].....: Ancho de la Base... = 5.00      Altura = 1.00  
 Back Shift.....[m]..... = 0.10 por TM\_02  
 Inclinación de la Cara.....[°].....: 0.00

**Padrón de los refuerzos:**

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

Largo.....[m].....= 4.00

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

**Bloque: TM\_04**

Block dimensions.....[m].....: Ancho de la Base...= 5.00 Altura 1.00

Back Shift.....[m].....= 0.10 por TM\_03

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

**Padrón de los refuerzos:**

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

Largo.....[m].....= 4.00

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

**Bloque: TM\_05**

Block dimensions.....[m].....: Ancho de la Base...= 5.00 Altura 1.00

Back Shift.....[m].....= 0.10 por TM\_04

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

**Padrón de los refuerzos:**

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

Largo.....[m].....= 4.00

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

**SOBRECARGAS****Cargas Distribuidas: SOBRECARGA Descripción :**

Intensidad.....[kN/m²]..= 25.00 Inclinación.....[°].....= 0.00

Abscisa.....[m].....: de = 19.20 hasta = 27.60

**PROPIEDADES DE LOS REFUERZOS UTILIZADOS**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 0.50

Resistencia a la Tracción.....[kN/m].....: 41.30

Tasa de deformación plástica.....: 2.00

Coeficiente de deformación elástica.....[m³/kN].....: 1.10e-04

Rigidez del refuerzo.....[kN/m].....: 420.00

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

Coeficiente de interacción refuerzo-grava.....: 0.90

Coeficiente de interacción refuerzo-arena.....: 0.65

Coeficiente de interacción refuerzo-limo.....: 0.50

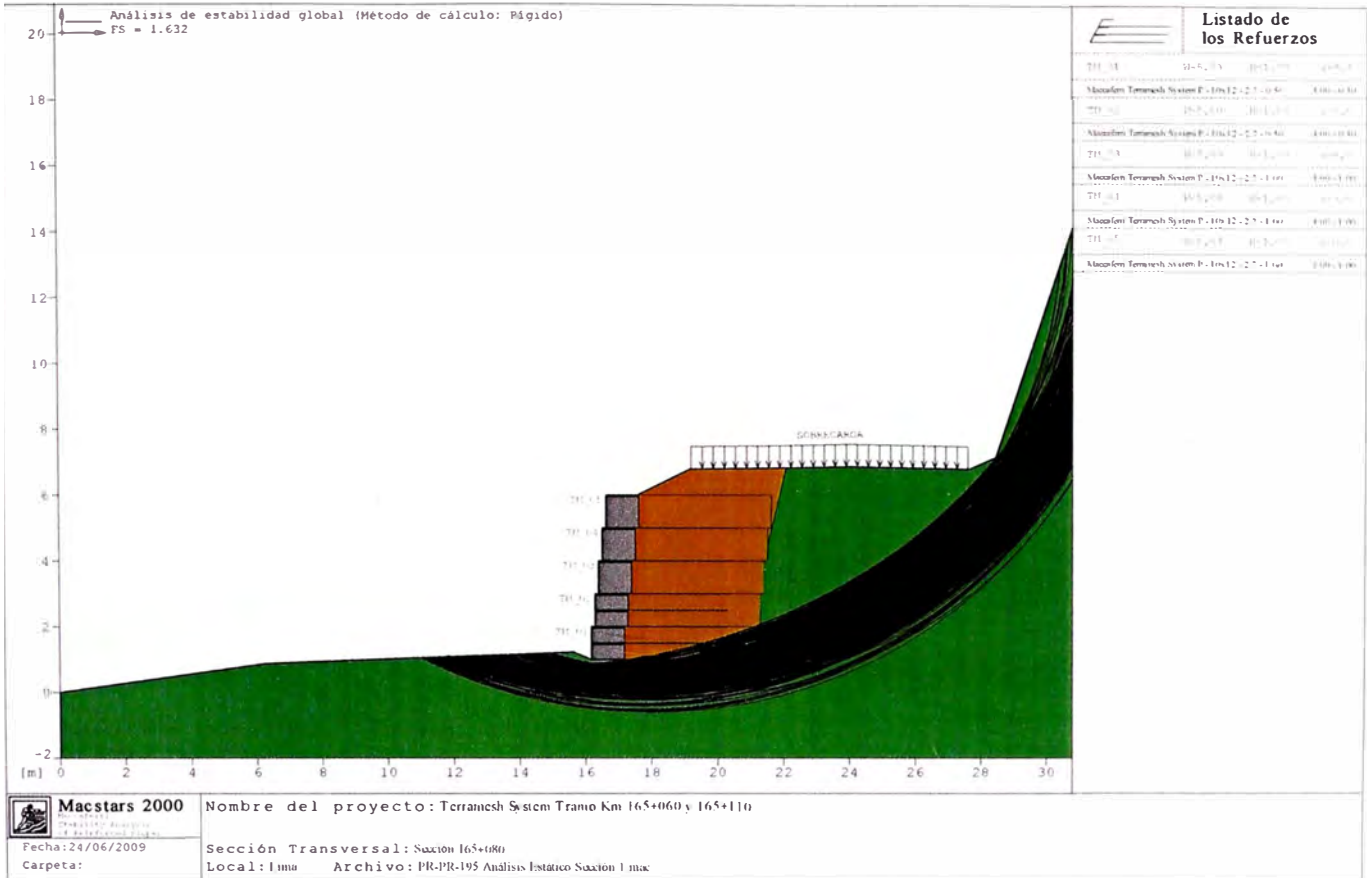
Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla.....: 0.30

---

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

Resistencia a la Tracción.....[kN/m].....:	41.30
Tasa de deformación plástica.....:	2.00
Coefficiente de deformación elástica.....[m <sup>3</sup> /kN].....:	1.10e-04
Rigidez del refuerzo.....[kN/m].....:	420.00
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

# VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS

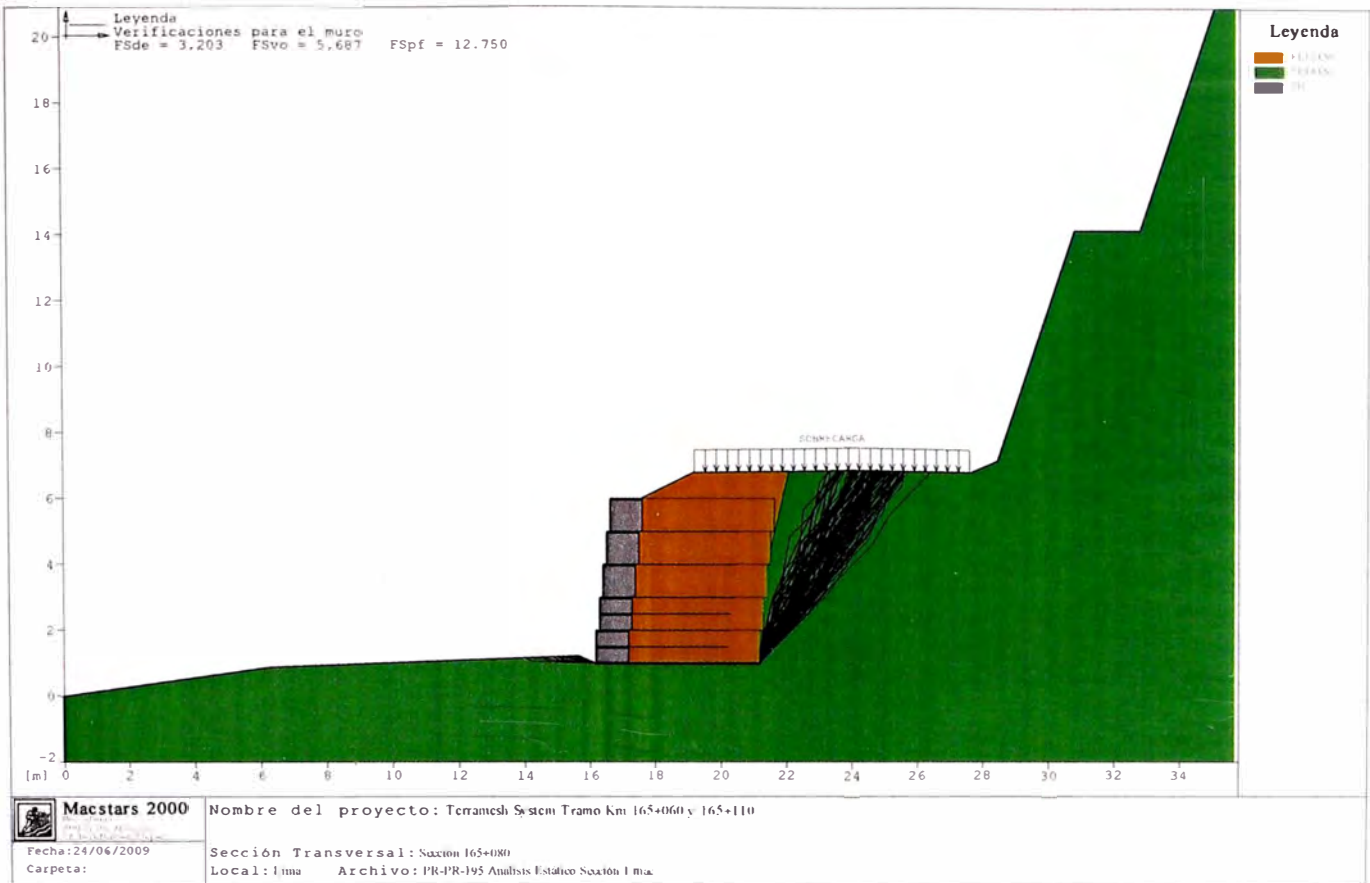


## Verificación de la estabilidad Global:

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
con el Método de Bishop

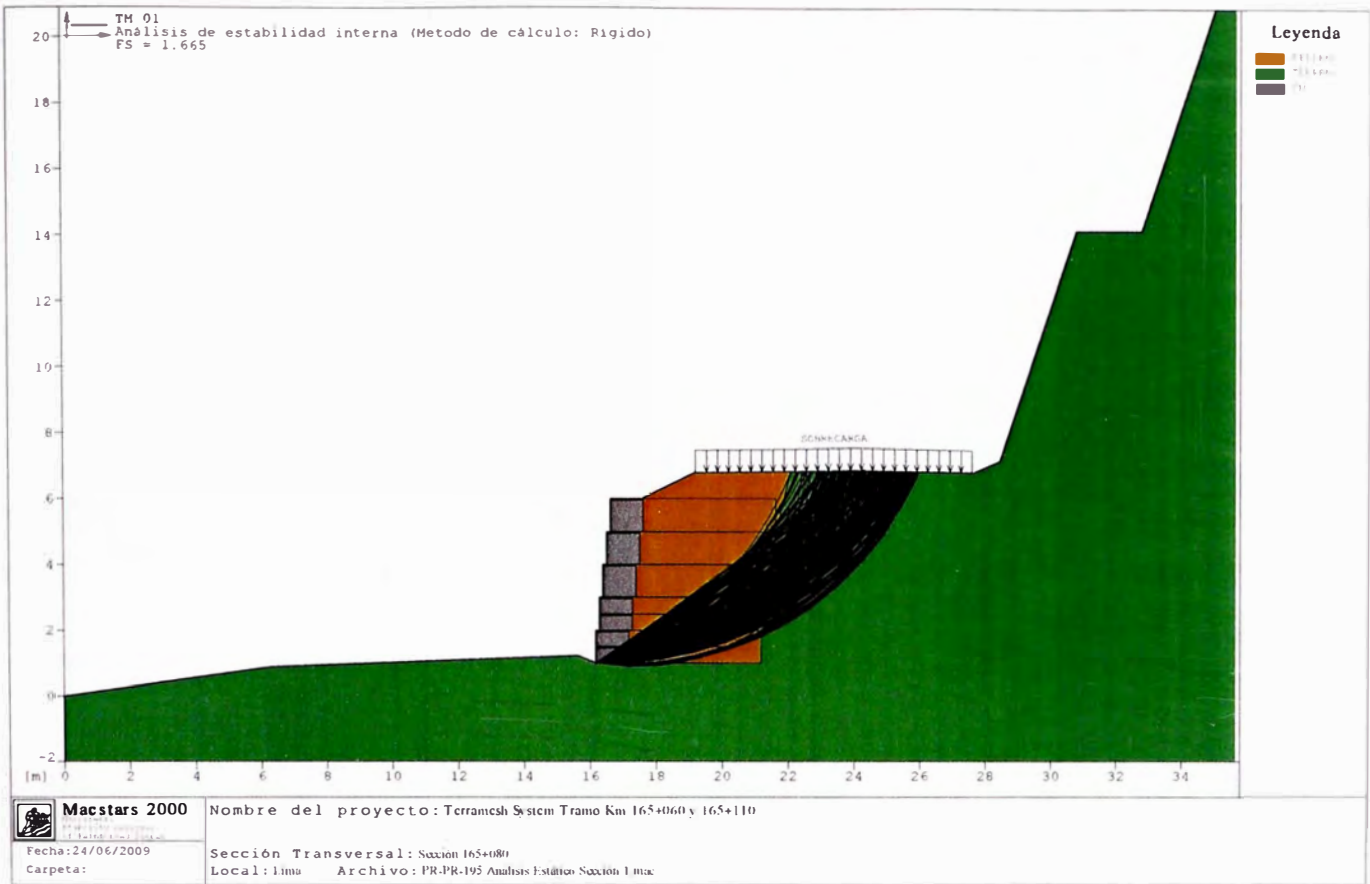
Factor de Seguridad Calculado.....: 1.632



### Verificación como muro a gravedad : Leyenda

Bloque Considerado : TM\_01

Presión disponible en la Fundación.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 1472.70
Fuerza Horizontal Máx.....	[kN/m]	: 121.41
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento.....		: 3.203
Momento Máx. de vuelco.....	[kN*m/m]	: 291.62
Factor de Seguridad contra el vuelco.....		: 5.687
Presión Máx. en la fundación.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 115.50
Factor de seg. de la capacidad de sup. del suelo de apoyo.....		: 12.750

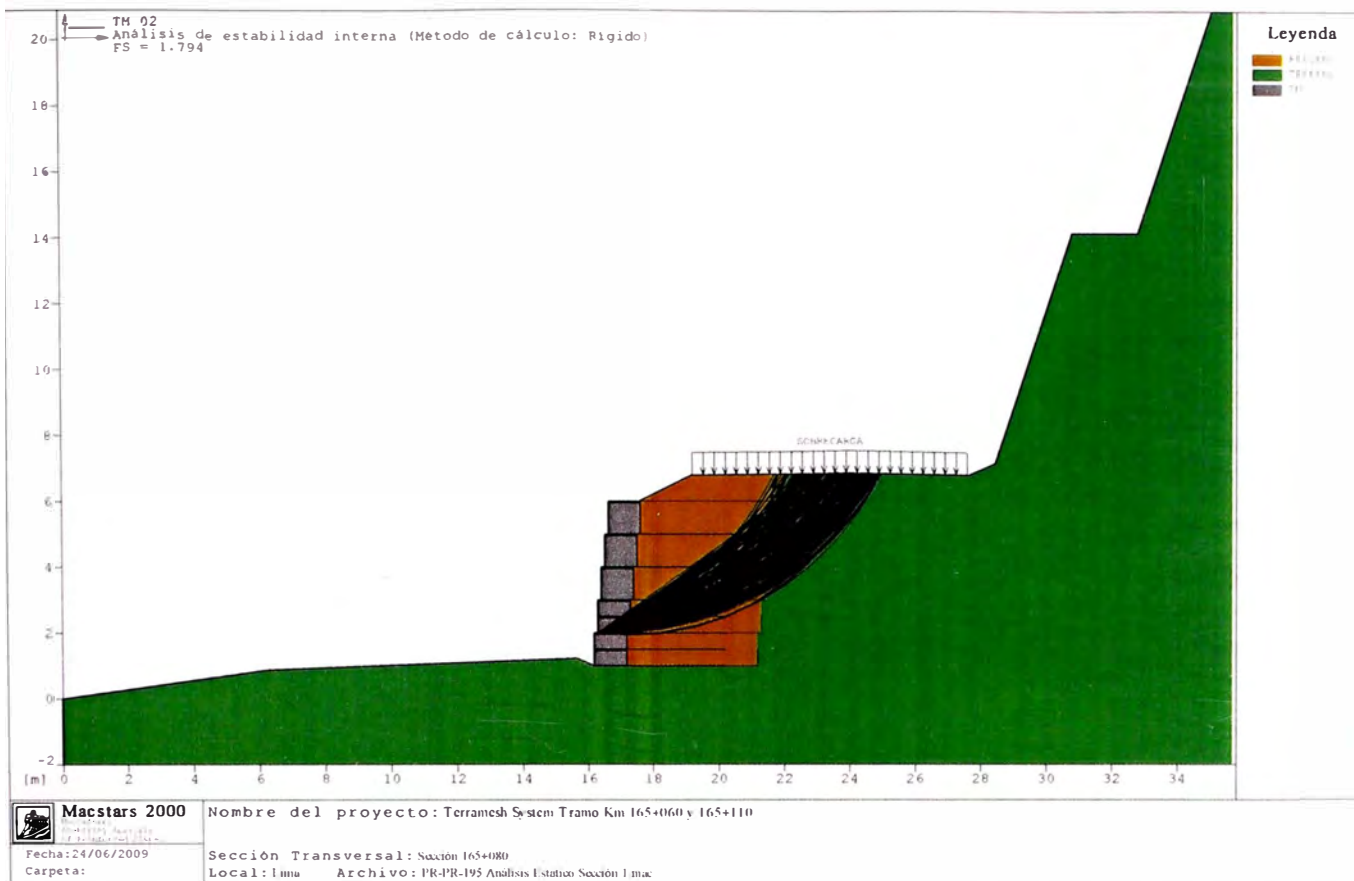


**Estabilidad Interna: TM\_01**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
 con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado.....: 1.665

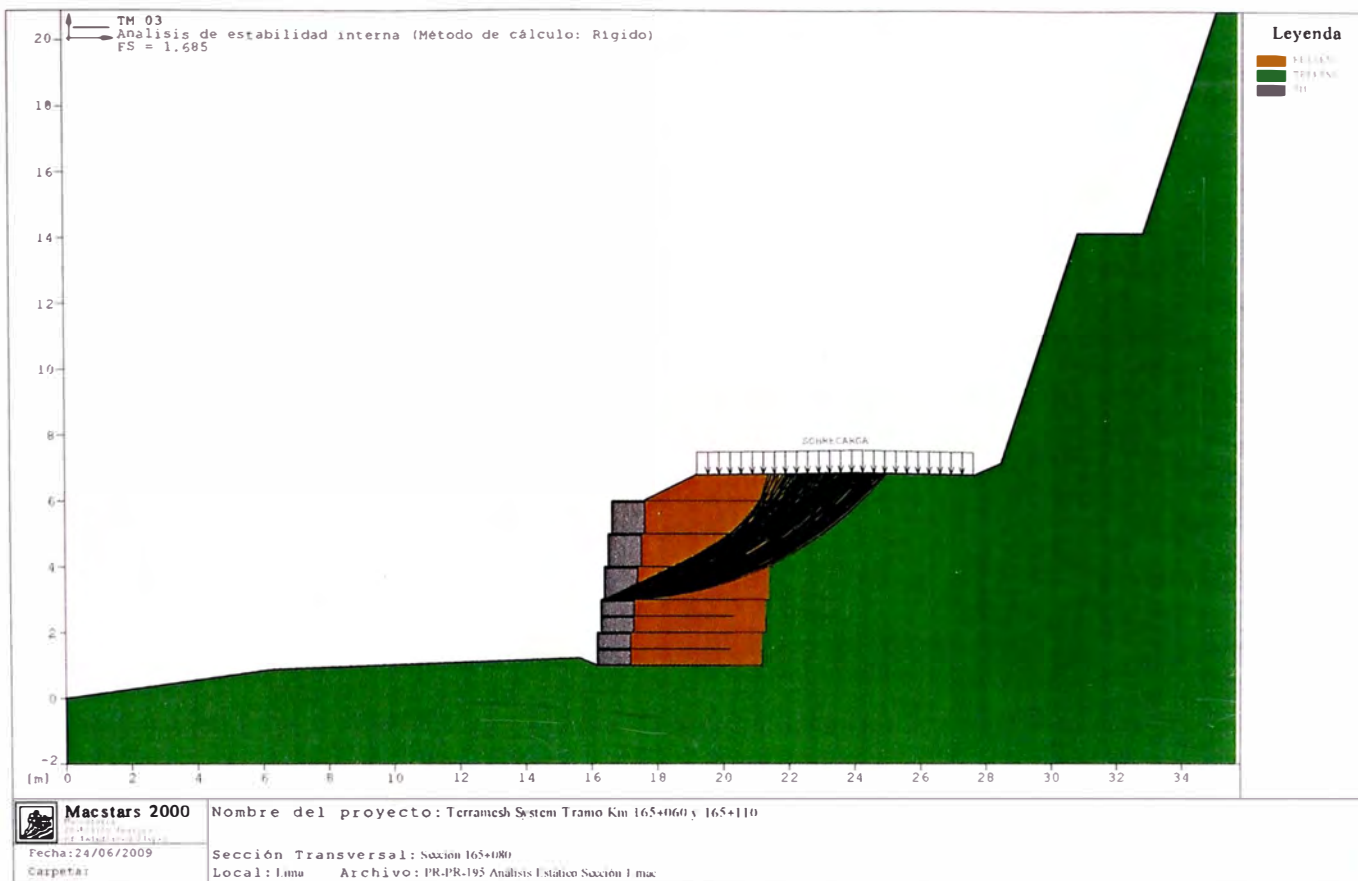




**Estabilidad Interna: TM\_02**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
 con el Método de Bishop

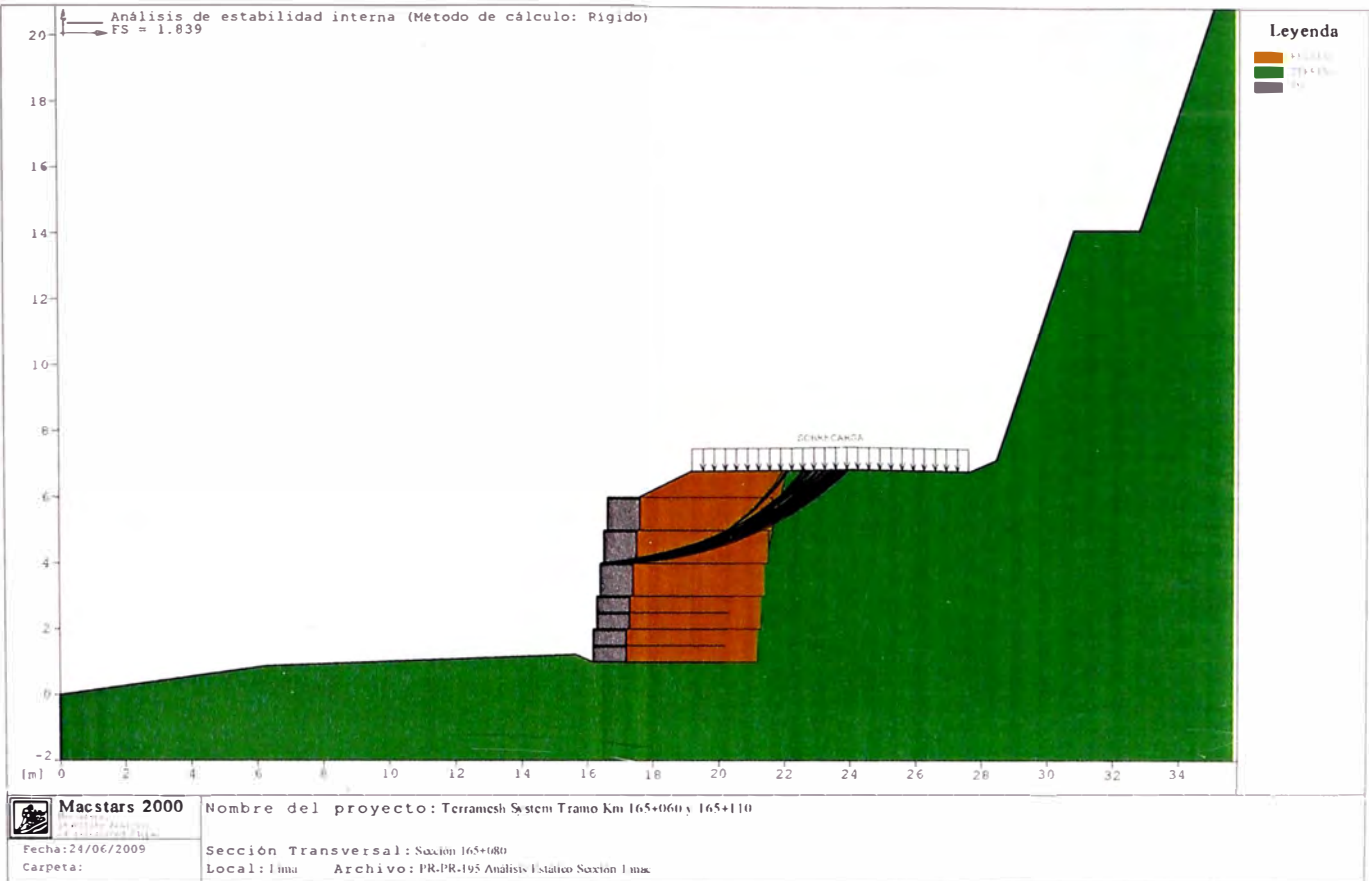
Factor de Seguridad Calculado.....: 1.794



### Estabilidad Interna: TM\_03

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado.....: 1.685



### Estabilidad Interna: TM\_04

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado.....: 1.839

La Maccaferri no asume ninguna responsabilidad sobre los planos y cálculos presentados, estos tienen únicamente carácter informativo y de sugerencia, buscando optimizar el uso de los productos Maccaferri.

# MAC.ST.A.R.S 2000 – Rel. 2.2

MACcaferri STability Analysis of Reinforced Slopes  
Maccaferri de Perú SAC, Carretera Nueva Panamericana Sur Km33 Lurin - Lima  
Tel. 430-0292 - Fax 430-0289

MACCAFERRI DE PERU S.A.C

Proyecto.....: Terramesh System Tramo Km 165+060 y 165+110

Sección Transversal : Sección 165+080

Local :Lima

Carpeta.....:

Archivo :PR-PR-195 Análisis Estático Sección 1.mac

Fecha :24/06/2009

## PROPIEDADES DEL SUELO

**Suelo: RELLENO** Descripción: RELLENO GRANULAR COMPACTADO AL 95%  
**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 0.00
Ángulo de Fricción.....	[°]	: 34.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	: 18.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	: 18.00

**Suelo: TERRENO** Descripción: TERRENO NATURAL (DATOS  
**PROPORCIONADOS)**

Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 0.00
Ángulo de Fricción.....	[°]	: 35.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	: 19.60
Peso unitario – abajo del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	: 19.60

**Suelo: TM** Descripción: TERRAMESH SYSTEM

Cohesión.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 12.50
Ángulo de Fricción.....	[°]	: 40.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	: 17.50
Peso unitario – abajo del nivel del agua.....	[kN/m <sup>3</sup> ]	: 17.50

### Bloque: TM\_01

Block dimensions..... [m]	: Ancho de la Base =	5.00	Altura =	1.00
Origen del Bloque..... [m]	: Abscisa =	16.17	Ordenada =	1.00
Inclinación de la Cara..... [°]	: 0.00			

### Padrón de los refuerzos:

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 0.50

Largo..... [m]	= 4.00			
Gavión..... [m]: Altura.....	=	0.50	Ancho..... =	1.00

### Bloque: TM\_02

Block dimensions..... [m]	: Ancho de la Base =	5.00	Altura =	1.00
Back Shift..... [m]	= 0.10 por TM_01			
Inclinación de la Cara..... [°]	: 0.00			

### Padrón de los refuerzos:

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 0.50

Largo..... [m]	= 4.00			
Gavión..... [m]: Altura.....	=	0.50	Ancho..... =	1.00

### Bloque: TM\_03

Block dimensions..... [m]	: Ancho de la Base =	5.00	Altura =	1.00
Back Shift..... [m]	= 0.10 por TM_02			
Inclinación de la Cara..... [°]	: 0.00			

**Padrón de los refuerzos:**

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

Largo.....[m].....= 4.00

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

**Bloque: TM\_04**

Block dimensions.....[m].....: Ancho de la Base...= 5.00 Altura 1.00

Back Shift.....[m].....= 0.10 por TM\_03

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

**Padrón de los refuerzos:**

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

Largo.....[m].....= 4.00

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

**Bloque: TM\_05**

Block dimensions.....[m].....: Ancho de la Base...= 5.00 Altura 1.00

Back Shift.....[m].....= 0.10 por TM\_04

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

**Padrón de los refuerzos:**

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

Largo.....[m].....= 4.00

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

**SOBRECARGAS****Cargas Distribuidas: SOBRECARGA Descripción :**

Intensidad.....[kN/m²]..= 25.00 Inclinación.....[°].....= 0.00

Abscisa.....[m].....: de = 19.20 hasta = 27.60

**PROPIEDADES DE LOS REFUERZOS UTILIZADOS**

Maccaferri - Terramesh System - P - 10x12 - 2,7 - 0.50

Resistencia a la Tracción.....[kN/m].....: 41.30

Tasa de deformación plástica.....: 2.00

Coeficiente de deformación elástica.....[m³/kN].....: 1.10e-04

Rigidez del refuerzo.....[kN/m].....: 420.00

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

Coeficiente de interacción refuerzo-grava.....: 0.90

Coeficiente de interacción refuerzo-arena.....: 0.65

Coeficiente de interacción refuerzo-limo.....: 0.50

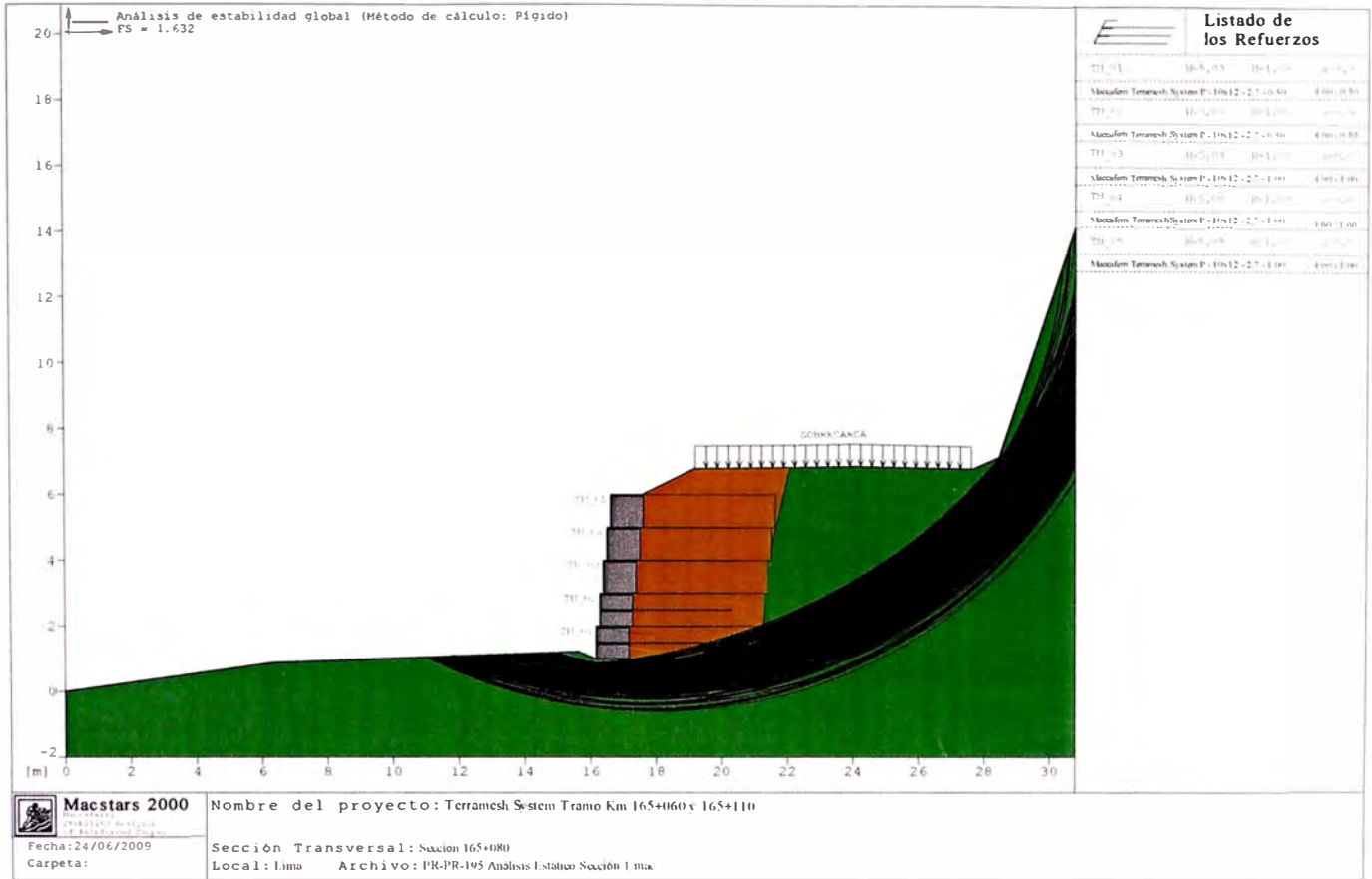
Coeficiente de interacción refuerzo-arcilla.....: 0.30



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

Resistencia a la Tracción.....[kN/m].....	41.30
Tasa de deformación plástica.....	2.00
Coefficiente de deformación elástica.....[m <sup>3</sup> /kN].....	1.10e-04
Rigidez del refuerzo.....[kN/m].....	420.00
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

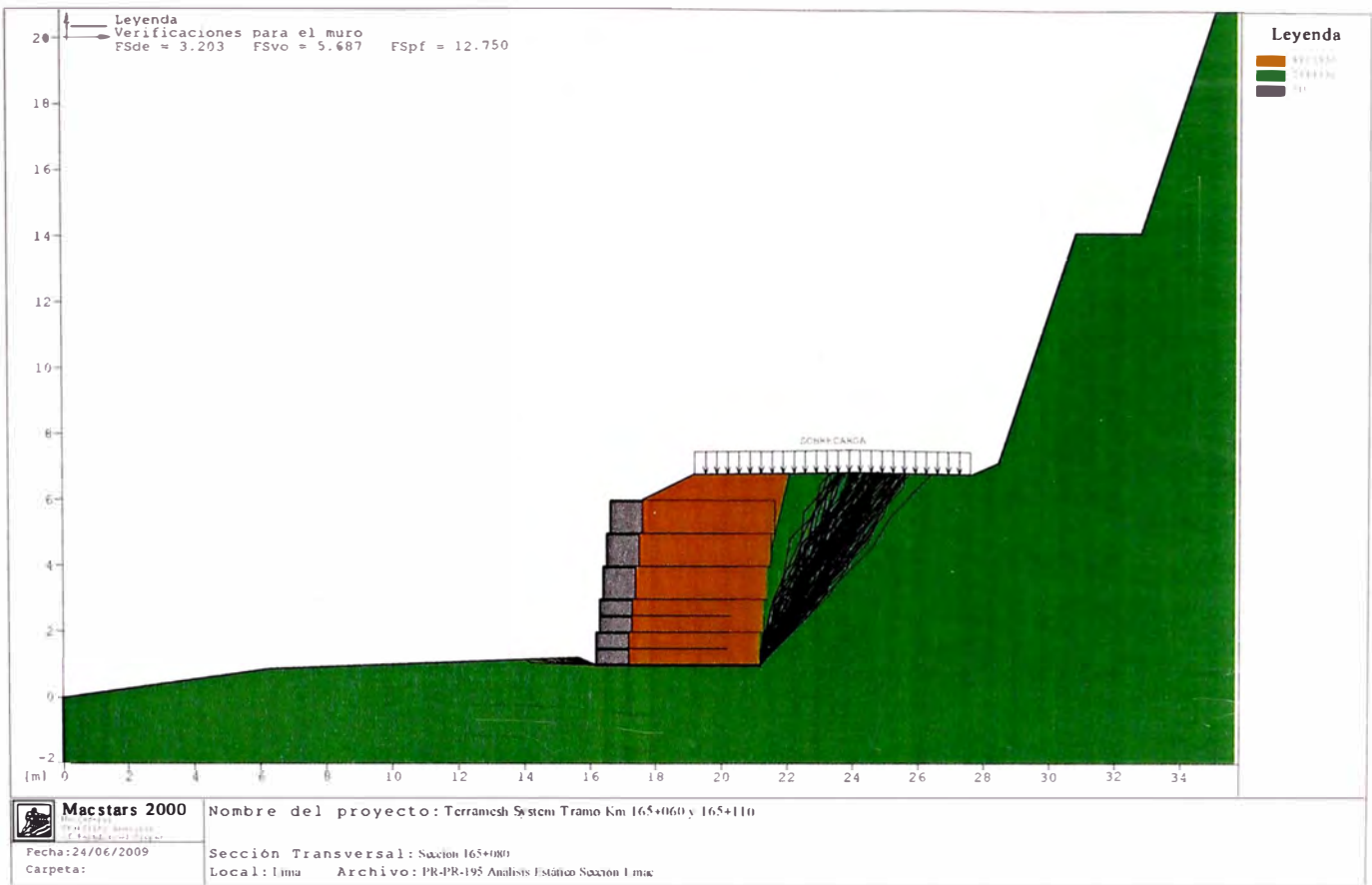
# VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS



## Verificación de la estabilidad Global:

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
 con el Método de Bishop

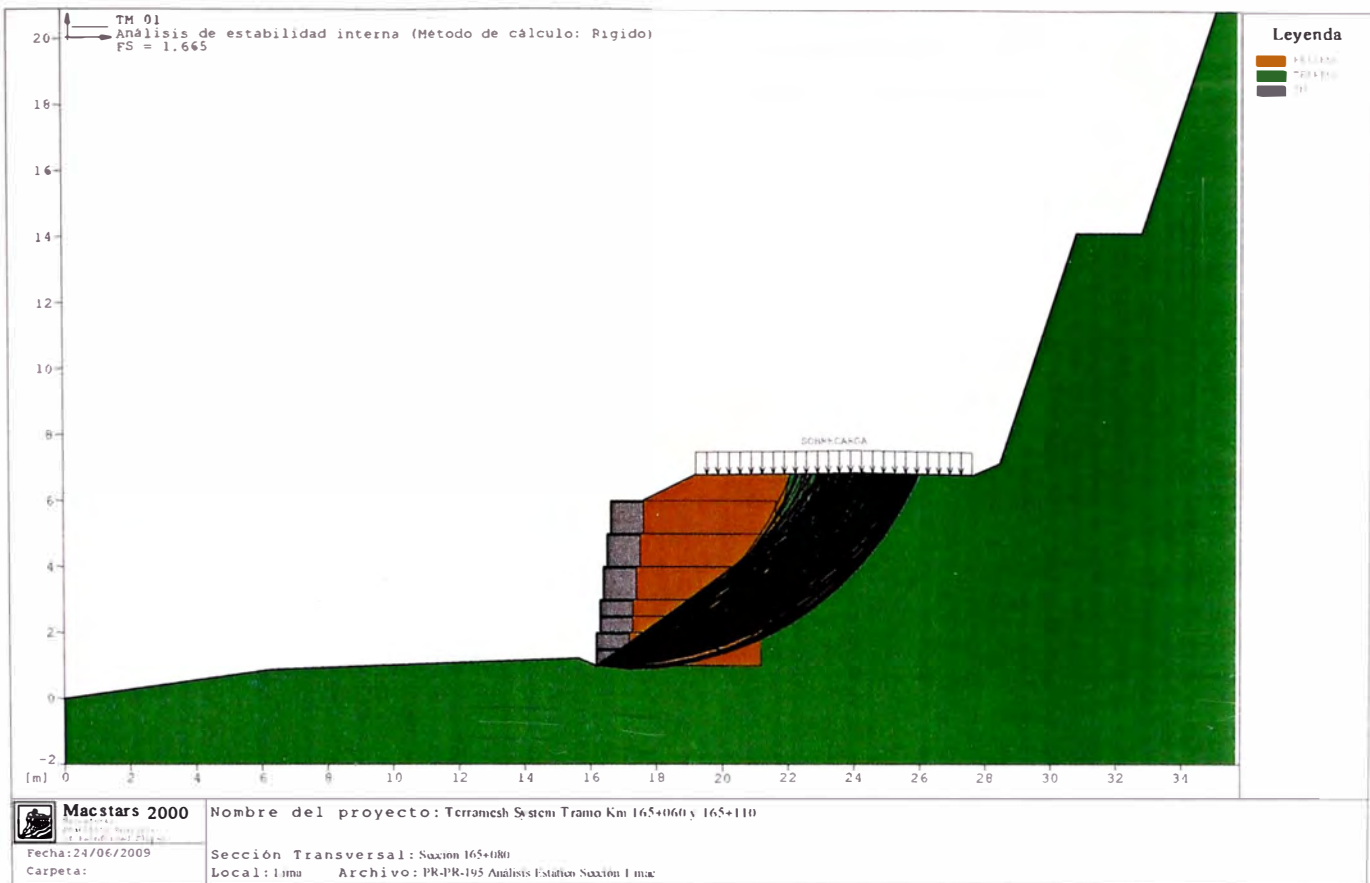
Factor de Seguridad Calculado.....: 1.632



### Verificación como muro a gravedad : Leyenda

Bloque Considerado : TM\_01

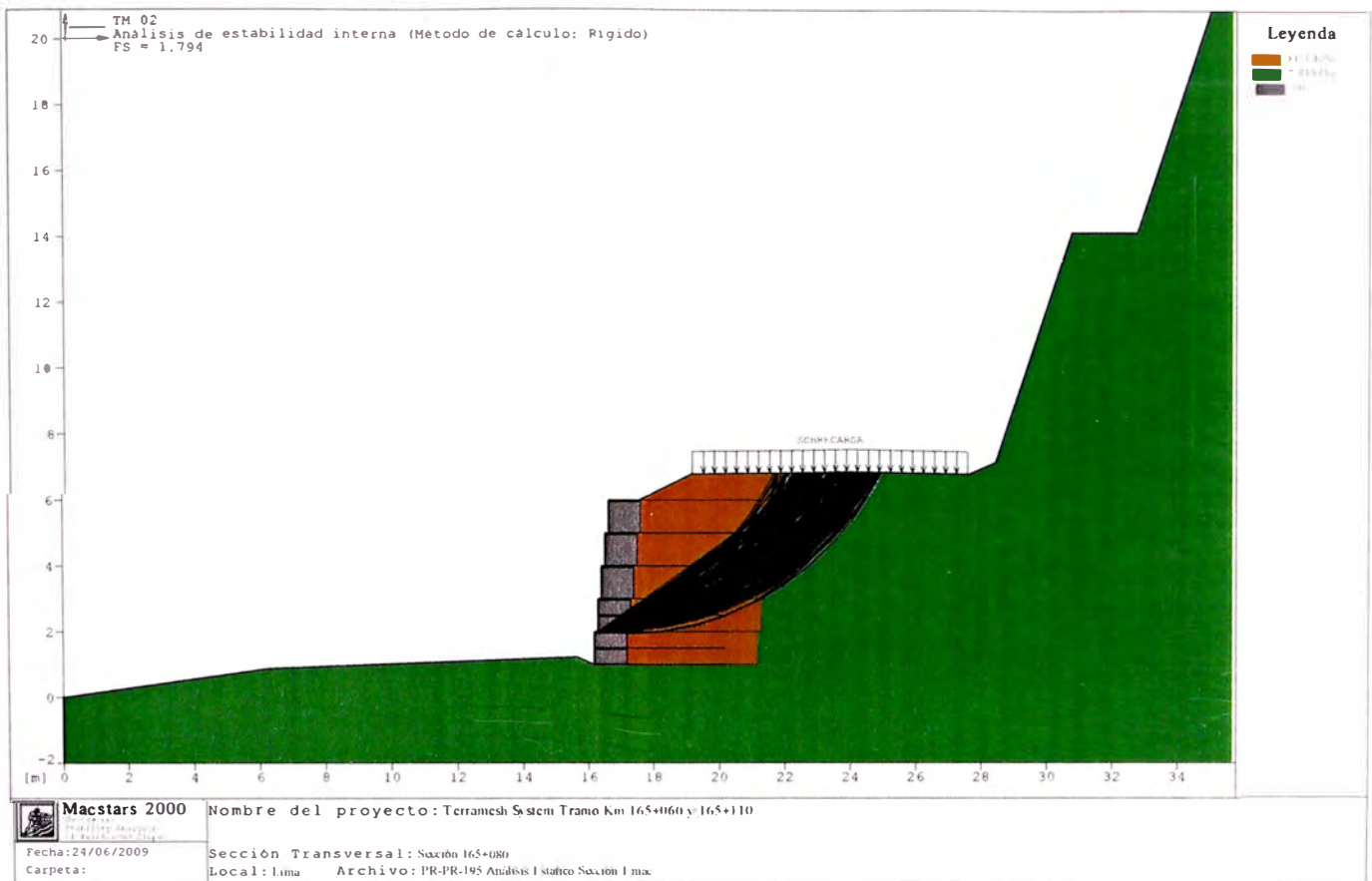
Presión disponible en la Fundación.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 1472.70
Fuerza Horizontal Máx.....	[kN/m]	: 121.41
Factor de Seguridad contra el Deslizamiento.....		: 3.203
Momento Máx. de vuelco.....	[kN*m/m]	: 291.62
Factor de Seguridad contra el vuelco.....		: 5.687
Presión Máx. en la fundación.....	[kN/m <sup>2</sup> ]	: 115.50
Factor de seg. de la capacidad de sup. del suelo de apoyo.....		: 12.750



**Estabilidad Interna: TM\_01**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
 con el Método de Bishop

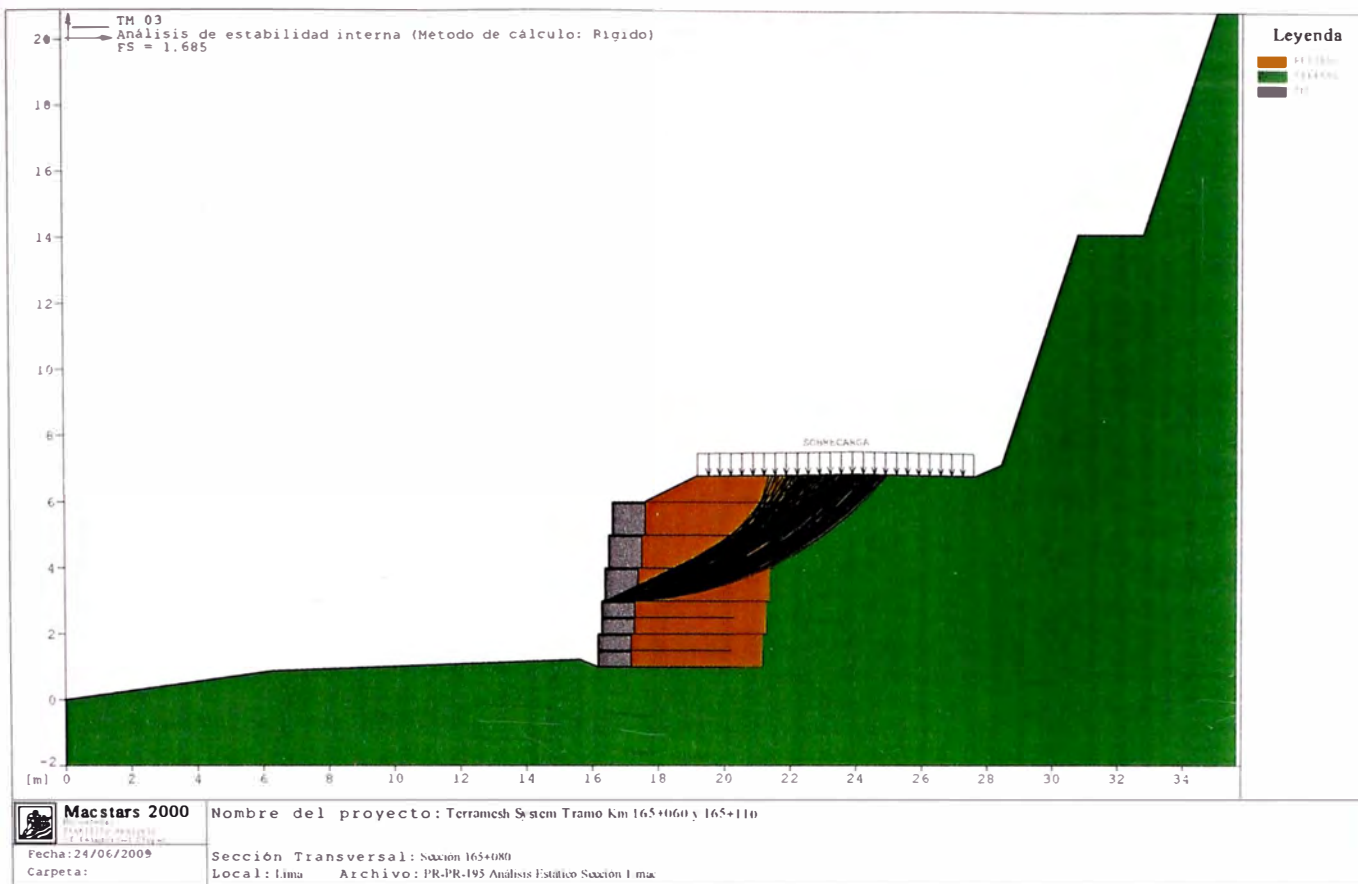
Factor de Seguridad Calculado.....: 1.665



**Estabilidad Interna: TM\_02**

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
 con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado.....: 1.794



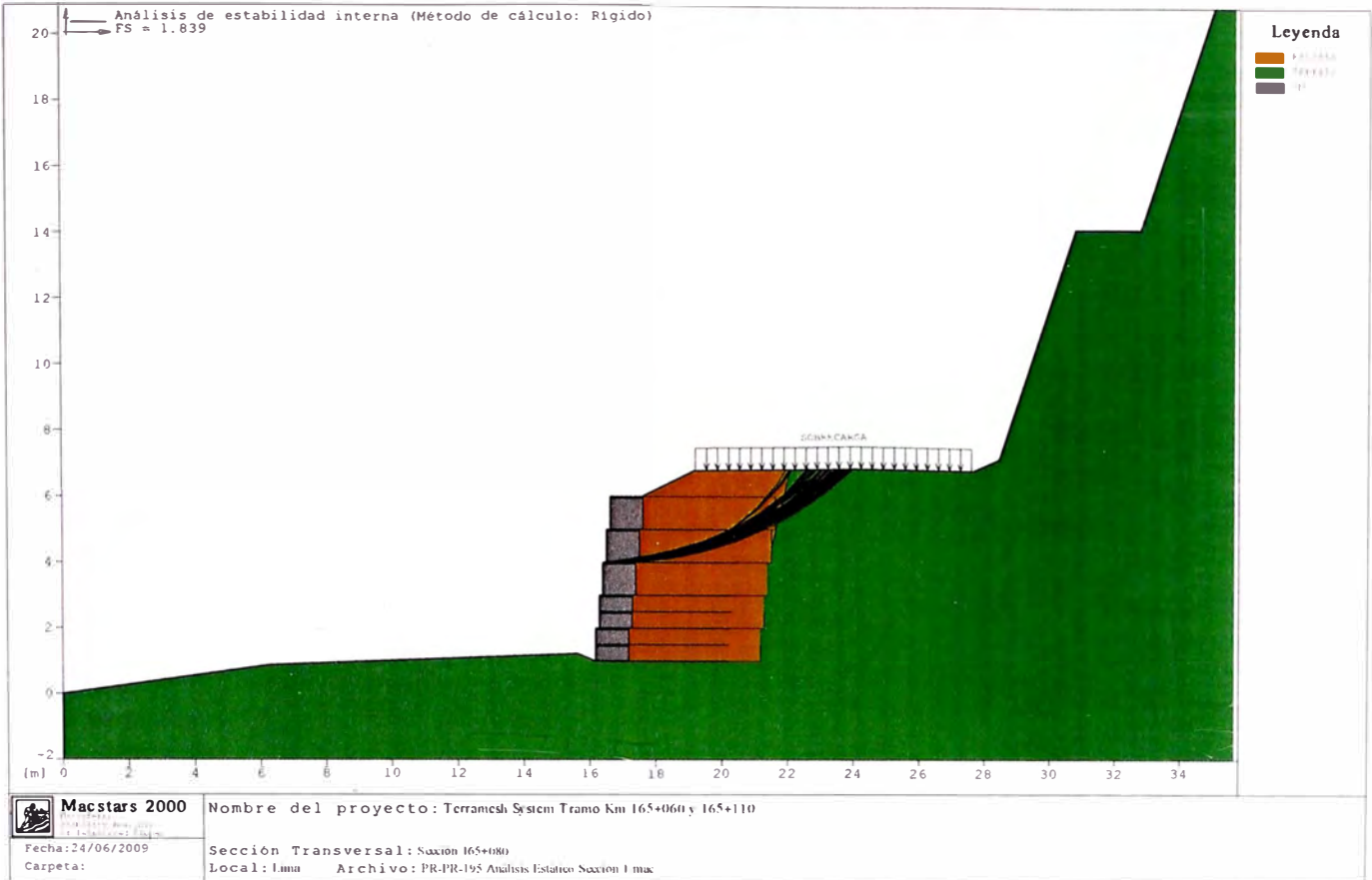
### Estabilidad Interna: TM\_03

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
 con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado.....: 1.685





**Estabilidad Interna: TM\_04**





Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido  
 Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo  
 con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado .....: 1.839

-----  
**La Maccaferri no asume ninguna responsabilidad sobre los planos y cálculos presentados,  
 estos tienen únicamente carácter informativo y de sugerencia, buscando optimizar el uso de los productos Maccaferri.**  
 -----



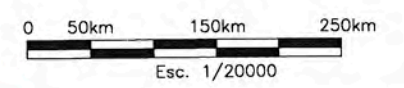
LEYENDA

-  VIVENDAS
-  CIUDADES
-  SISTEMA CRETACEO
-  C-1 CALICATAS

CUADRO DE CALICATAS

ID	ESTE	NORTE	ELEVACION
C-1	415209.63	8640900.13	3217
C-2	415274.98	8641133.17	3223
C-3	415074.17	8640597.51	3205

- NOTAS:
1. SISTEMA DE REFERENCIA UTM DATUM PSAD56-ZONA 18.
  2. LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.



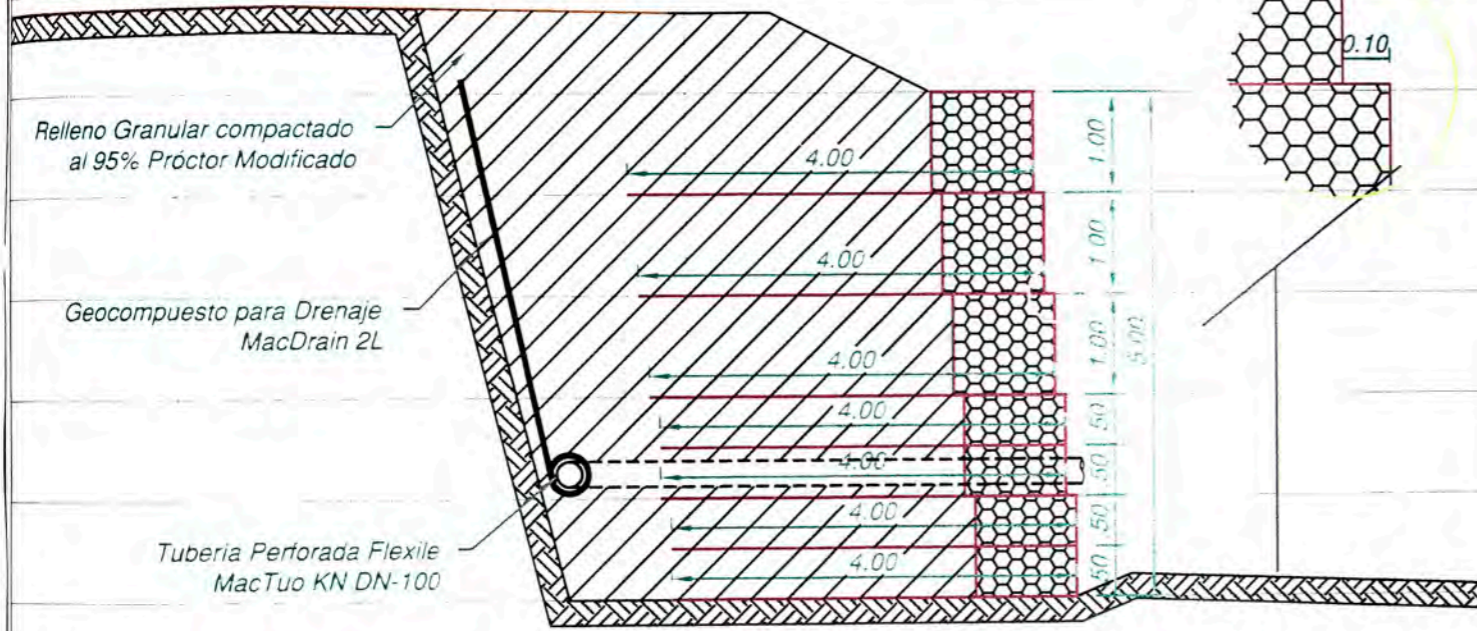
AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARETERA CAÑETA - YAUYOS - HUANCAYO DEL KILOMETRO KM 165+00 AL KM 165+300

ESTUDIO DE SUELOS  
UBICACIÓN DE CALICATAS

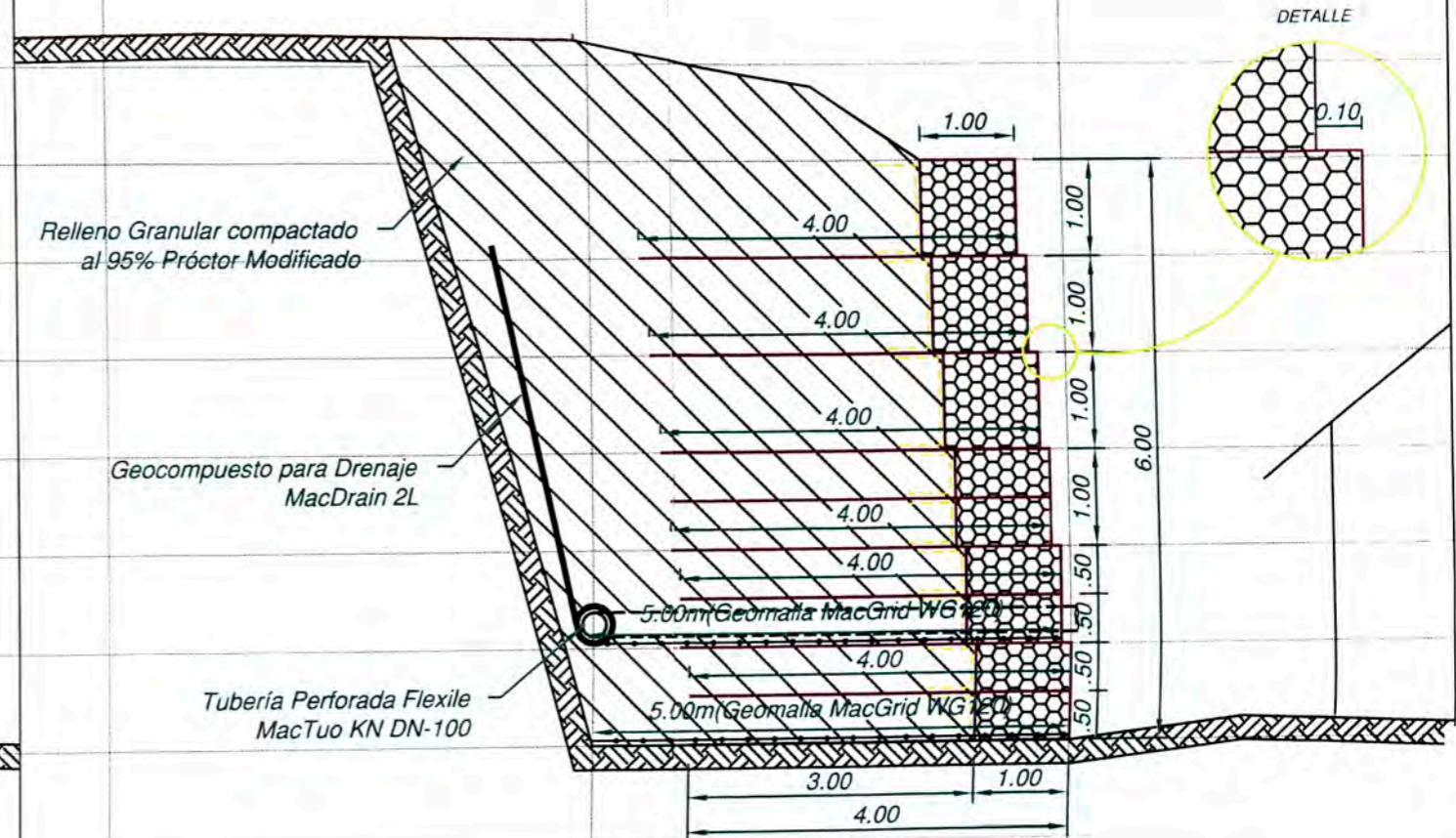
FIGURA N:  
**3.2**



**Sección 1:**  
**Escala: 1/50**



**Sección 2:**  
**Escala: 1/75**



Elementos Terramesh System confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres de acero BCC (Bajo Contenido de Carbono) revestidos con aleación Galvan (Zn - 5Al - MM, conforme la ASTM 856-98), en el diámetro 2,70 mm y recubiertos con PVC gris, de espesor mínimo 0,40 mm. Los Elementos Terramesh System son formados a partir de un único paño de red que garantiza la continuidad estructural entre al paramento frontal y el panel de anclaje. Son acompañados de diafragmas, producidos con malla de las mismas características, que deben ser fijados a cada metro durante su ensamblaje y de alambre, del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción del 9% para los elementos de terramesh de 1.0m de altura y 7% para los de 0.5m sobre su peso.

MacDrain® 2L es un geocompuesto tridimensional para drenaje en forma de manta, formado por un núcleo drenante constituido por una geomanta tridimensional, fabricada con filamentos de polipropileno y termosoldada entre dos geotextiles no-tejidos. Los geotextiles sobresalen 100mm del núcleo, en las extremidades longitudinales del MacDrain® 2L, para garantizar la perfecta continuidad del sistema en las juntas y permitir la ejecución de traslapes sin formar escalones entre los paneles.

MACDRAIN 2L		
Propiedades	Unidad	Valor
Abertura de Filtración	mm	0.145
Permisividad	s-1	1.51
Permeabilidad	cm/s	1.1x10 <sup>-1</sup>
Resistencia - Tracción Longitudinal	kN/m	14.21
Resistencia - Tracción Transversal	kN/m	8.57
Deformación Rotura Longitudinal	%	33.23
Deformación Rotura Transversal	%	37.33
Espesor	mm	11.0
Gramaje	g/m <sup>2</sup>	800

GEOTEXTIL MACTEX MT270		
Propiedades	Unidad	Valor
Resistencia a la Tracción	N	795
Elongación a la Tracción	%	>50
Resistencia al Punzamiento	N	550
Resistencia al Desgarre Trapezoidal	N	330
Permeabilidad	cm/s	0.55
Permisividad	s-1	1.67
Tamaño de abertura aparente	mm	0.125

CANTIDADES		
Descripción del Material	Cant.	Unid.
Terramesh de 0.5x1.0x4.0m	126	unid.
Terramesh de 1.0x1.0x4.0m	84	unid.
Geotextil MacTex MT270	858,00	m <sup>2</sup>
Geomalla MacGrid WG90	510,00	m <sup>2</sup>
MacDrain 2L	300,00	m <sup>2</sup>
Tubería MacTubo KN DN-100	64,90	ml

Rev.	Ass.	Diseño:	Apr.	Fecha:

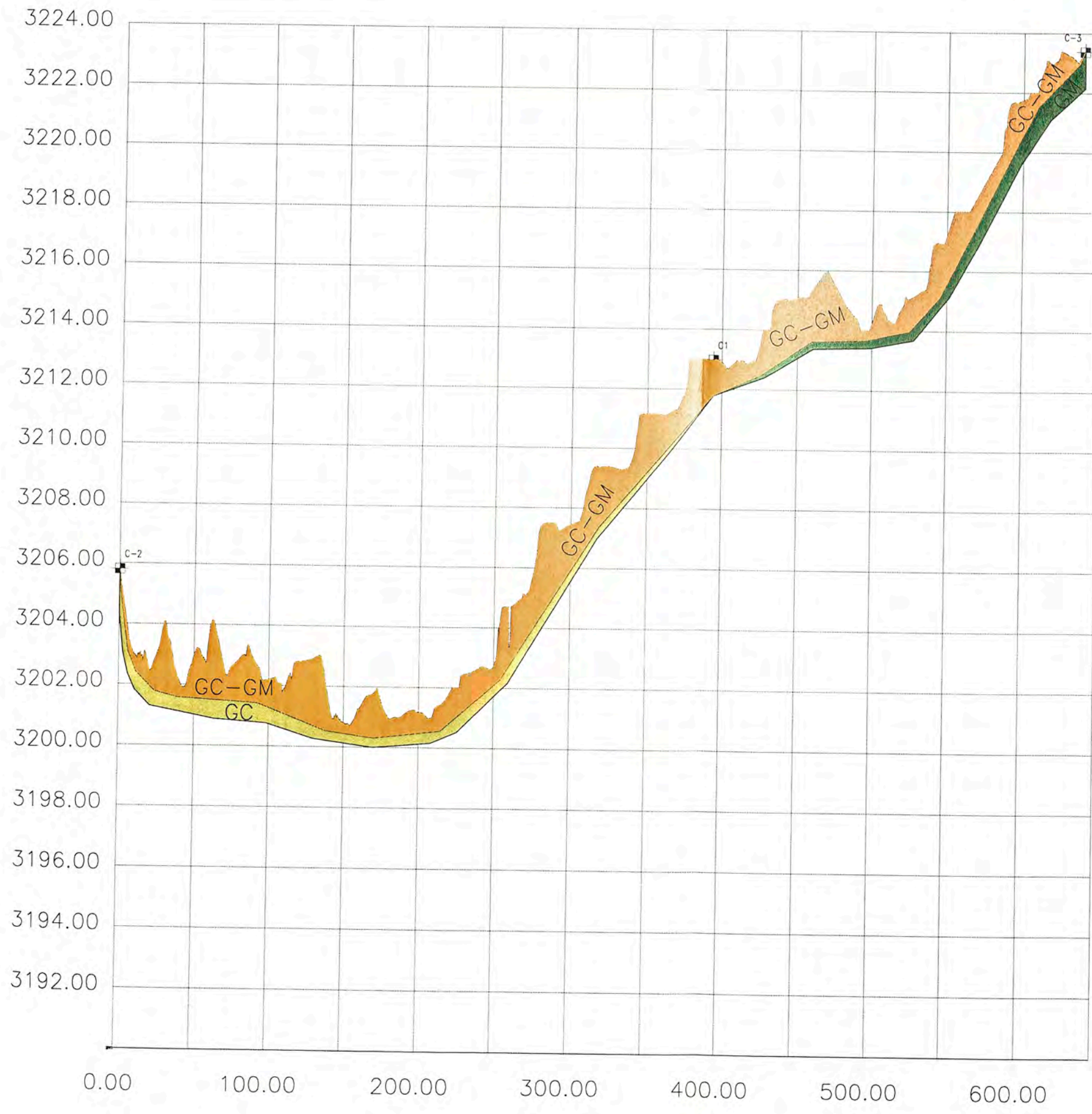
**MACCAFERRI**  
Maccaferri de Perú S.A.C

Predio Las Salinas  
Lote c 12-2 km 33  
Panamericana Sur  
Lima 16 - PERU

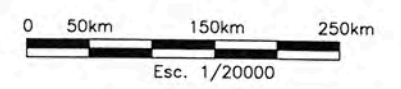
Ph: (511) 430-0292  
Fax: (511) 430-0289  
site: <http://www.maccaferri.com.pe>  
e-mail: [marketing@maccaferri.com.pe](mailto:marketing@maccaferri.com.pe)

Diseño:	J.D.M	Fecha:	24/06/09	Título del Proyecto:	TERRAMESH SYSTEM TRAMO 165+060 - 165+110	Título del plano:	SECCIONES TÍPICAS
Plano:	J.D.M	Fecha:	24/06/09	Cliente:	KLOHN CRIPPEN BERGER	Escala:	INDICADA
Aprobación:	H.E.P	Fecha:	24/06/09			Número del Proyecto:	PR-PE-195-09
						Número del plano:	3/3
						Ubicación:	Lima





**NOTAS:**  
 1. SISTEMA DE REFERENCIA UTM DATUM PSAD56-ZONA 18.  
 2. LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A1.



AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARETERA  
 CAÑETA - YAUYOS - HUANCAYO DEL KILOMETRO  
 KM 165+00 AL KM 165+300

ESTUDIO DE SUELO	FIGURA N: <b>3.3</b>
ESTATIGRAFIA DE LA FUNDACION	

**PRESUPUESTO REFERENCIAL PARA 30ml**

Obra: Terramesh System Tramo Km 165+060 y 165+110.  
 Cliente: Klohn Crippen Berger  
 Proyecto : PR-PE-195-09  
 Ubicación: Lima

Fecha: Jun-09  
 Tipo de Cambio: -

Ítem	Descripción	Unid	Metrado	Precio Unitario	Parcial (US\$)	Subtotal (US\$)	Total (US\$)
1.00	<b>Movimiento de tierras</b>						
1.01	Relleno masivo con Motoniveladora, Rodillo y Cisterna	m <sup>3</sup>					
2.00	<b>Muro de Contención con Terramesh System</b>						
2.01	Suministro, Armado y llenado del Elemento Terramesh 0.5 x 1.0 x 4.0 m., malla 10x12, diám. 3.7 mm (Zn + 5Al + PVC)	und	126.00	107.03	13,486.28		
2.02	Suministro, Armado y llenado del Elemento Terramesh 1.0 x 1.0 x 4.0 m., malla 10x12, diám. 3.7 mm (Zn + 5Al + PVC)	und	84.00	156.63	13,156.75		
2.03	Suministro e Instalación del Geotextil MacTex MT270	m <sup>2</sup>	858.00	1.20	1,029.60		
2.04	Suministro e Instalación del Geomalla MacGrid WG90	m <sup>2</sup>	510.00	3.11	1,586.10		
2.05	Suministro e Instalación del Geocompuesto Geodrenaje MacDrain 2L	m <sup>2</sup>	300.00	6.41	1,923.00	31,181.73	
<b>COSTO DIRECTO (US\$)</b>							<b>31,181.73</b>

**COSTO POR mL DE CONTENCIÓN US\$ 556.82**

\* No se ha considerado el Precio del Relleno Compactado  
 \* Para el armado de los elementos terramesh se ha considerado que la piedra se encuentra a pie de obra.

## **ANEXO 3**

### **CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO**



# LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



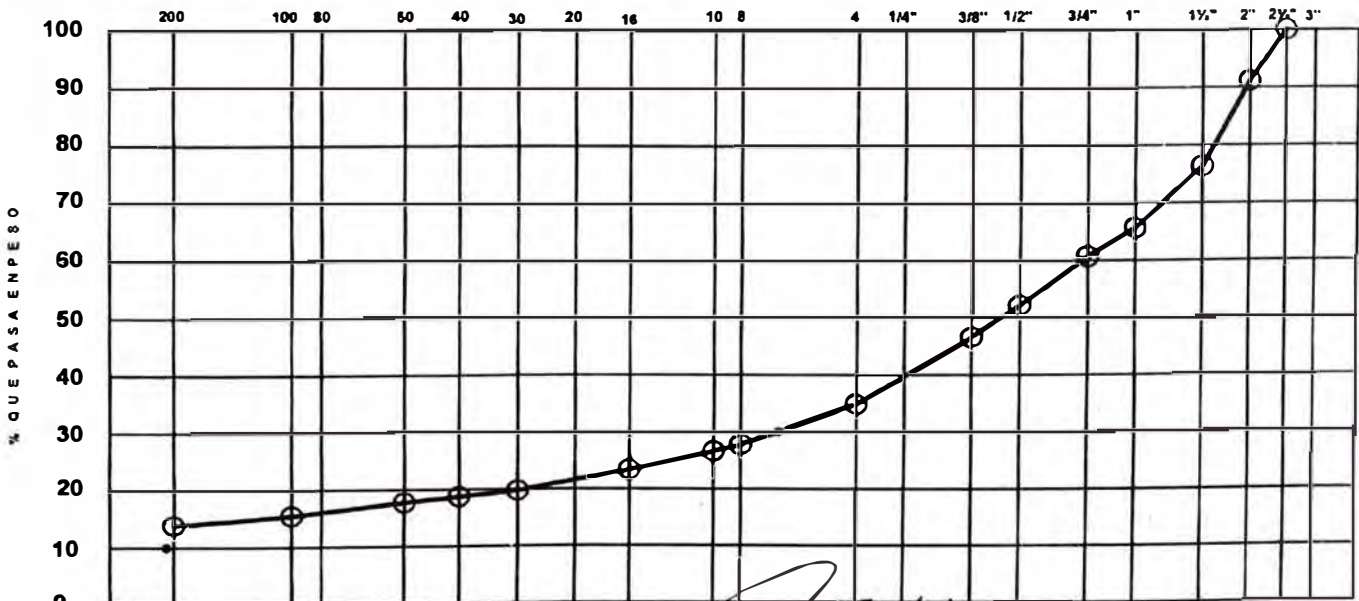
PALACE ATENEA 114 - LA CAMPÍÑA - CHORRILLOS Fono (511)7190566 Fax(511)7190567

**PROYECTO** : AMPLACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO  
**TRAMO** : Km. 165+000 165+300  
**SOLICITANTE** : Cesar Egusquiza  
**DOMICILIO LEGAL** :  
**REFERENCIA** :  
**FECHA RECEPCION** : 14/04/2009  
**FECHA DE ENSAYO** : 14/04/2009  
**PROGRESIVA** : Km 165+170  
**N° CALICATA** : 1  
**PROFUNDIDAD** : 0.45 - 0.80 m.  
**MUESTRA** : M 3  
**TEC. RESPONSABLE** : JPC

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204-2000

Tamiz		Material retenido			Material Pasante (%)	Especificaciones		Descripción
Æ		Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)		min. (%)	máx. (%)	
Pulgada	mm.							
4"	100.00				100.0			Peso Inicial : 7,205.5 Porción de finos : 493.5 % de Humedad : 5.7 % de Grava : 65.1 % de Arena : 34.9 Tamaño Máximo : 2 1/2" % Pasante N° 200 : 13.8 Color : L.L. : 25 L.P. : 19 I.P. : 6 M.F. : CLASIFI. AASHTO : A-1-a (0) CLASIFI. SUCS : GC - GM OVER > 2" D <sub>10</sub> : 0.07      C <sub>u</sub> : 262.3 D <sub>30</sub> : 2.95      C <sub>c</sub> : 6.7 D <sub>60</sub> : 18.51 Observaciones
3"	75.00							
2 1/2"	63.50							
2"	50.80	643.3	8.9	8.9	91.1			
1 1/2"	38.10	1063.1	14.8	23.7	76.3			
1"	25.40	771.9	10.7	34.4	65.6			
3/4"	19.05	359.2	5.0	39.4	60.6			
1/2"	12.70	602.8	8.4	47.8	52.2			
3/8"	9.525	403.4	5.6	53.4	46.6			
1/4"	6.350							
N° 4	4.750	844.0	11.7	65.1	34.9			
N° 8	2.360	101.9	7.2	72.3	27.7			
N° 10	2.000	15.9	1.1	73.4	26.6			
N° 16	1.190	44.8	3.2	76.6	23.4			
N° 20	0.850							
N° 30	0.600	51.2	3.6	80.2	19.8			
N° 40	0.420	14.3	1.0	81.2	18.8			
N° 50	0.300	14.1	1.0	82.2	17.8			
N° 60	0.250							
N° 80	0.180							
N° 100	0.150	32.8	2.3	84.5	15.5			
N° 200	0.074	24.0	1.7	86.2	13.8			
Bandeja		194.5	13.8	100.0				

ABERTURA DE LOS TAMICES



HOB CONSULTORES S.A.

HOB CONSULTORES S.A.

Tec. JULIO MANUEL PINO CANSINO  
Laboratorio Mecánica de Suelos

Ing. RICARDO X. GONZALEZ ROLDAN  
Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos  
CIP 67237









LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



PALACE ATENEA 114 - LA CAMPANA - CHORRILLOS Fono (511)7190566 Fax(511)7190567

PROYECTO : AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO  
 TRAMO : Km. 165+000 165+300

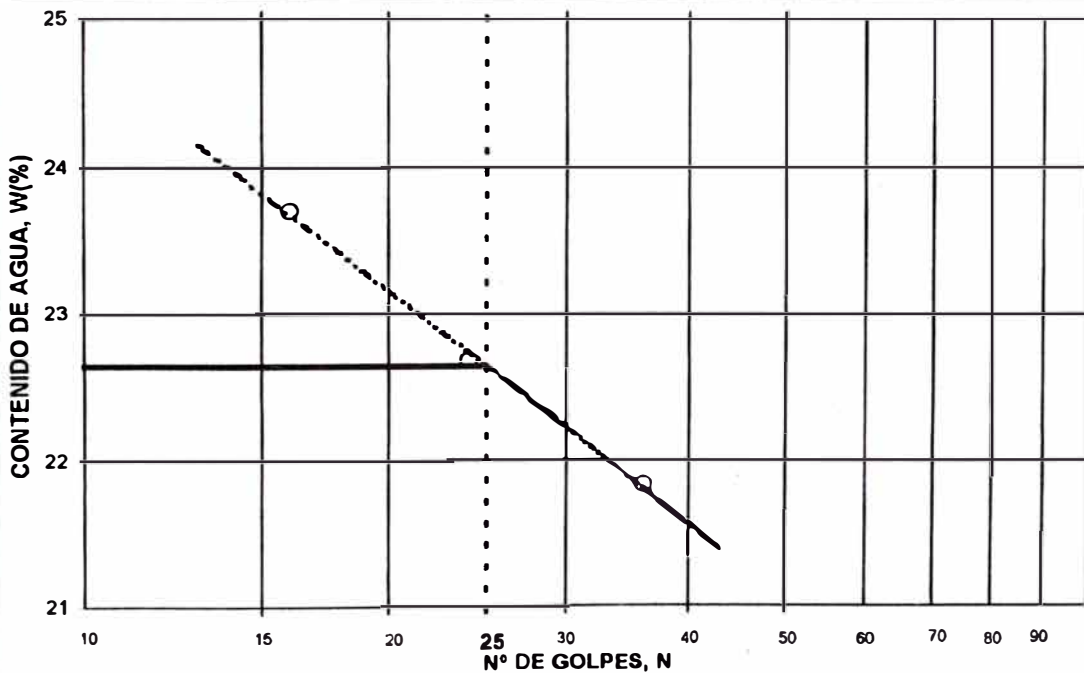
SOLICITANTE : Cesar Egusquiza PROGRESIVA : Km. 165+170  
 DOMICILIO LEGAL : N° CALICATA : 1  
 REFERENCIA : PROFUNDIDAD : 0.80 - 1.20 m.  
 FECHA RECEPCION : 14/04/2009 MUESTRA : M 4  
 FECHA DE ENSAYO : 14/04/2009 TEC. RESPONSABLE : JPC

LÍMITE LÍQUIDO (LL) MTC E 110-2000

Número del depósito	37	52	59
Peso del suelo húmedo + depósito	16.52	16.98	17.87
Peso del suelo seco + depósito	14.06	14.36	15.00
Peso del agua	2.46	2.62	2.87
Peso del depósito	2.79	2.81	2.89
Peso del suelo seco	11.27	11.55	12.11
Contenido de agua (w%)	21.83	22.68	23.70
Numero de golpes, n	36	24	16

LÍMITE PLÁSTICO (LP) MTC E 111-2000

Numero del depósito	125	128
Peso del suelo húmedo + depósito	13.05	13.16
Peso del suelo seco + depósito	11.48	11.59
Peso del agua	1.57	1.57
Peso del depósito	2.91	2.89
Peso del suelo seco	8.57	8.70
Contenido de agua (w%)	18.30	18.00
Promedio de %:	18.3	18.0



LL. = 23.0  
 L.P. = 18.0  
 I.P. = 5.0

OBSERVACIONES:

HOB CONSULTORES S.A.

Tec. JULIO MANUEL PINO CANSINO  
 Laboratorio Mecánica de Suelos

HOB CONSULTORES S.A.

Ing. RICARDO A. ROSALES ROLDAN  
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 CIP N° 62217



# LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



PALACE ATENEA 114 - LA CAMPIÑA - CHORRILLOS Fono (811)7190866 Fax(811)7190667

**PROYECTO** : AMPLACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO  
**TRAMO** : Km. 165+000 165+300  
**SOLICITANTE** : Cesar Egusquiza **PROGRESIVA** : Km. 165+170  
**DOMICILIO LEGAL** : **N° CALICATA** : 1  
**REFERENCIA** : **PROFUNDIDAD** : 0.45 - 0.80 m.  
**FECHA RECEPCION** : 14/04/2009 **MUESTRA** : M 1  
**FECHA DE ENSAYO** : 14/04/2009 **TEC. RESPONSABLE** : JPC

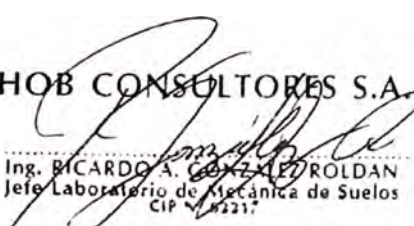
## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108-2000

Número recipiente	1	2		
Peso del suelo húmedo + recipiente	400.5	385.1		
Peso del suelo seco + recipiente	369.8	356.1		
Peso del agua	30.7	29.0		
Peso del recipiente				
Peso del suelo seco	369.8	356.1		
% de humedad	8.3	8.1		
% de humedad (promedio)	8.2			

**HOB CONSULTORES S.A.**

  
 Tec. JULIO MANUEL PINO CANSINO  
 Laboratorio Mecánica de Suelos

**HOB CONSULTORES S.A.**

  
 Ing. RICARDO A. GONZÁLEZ ROLDAN  
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 CIP N° 2217



# LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



PALACE ATENEA 114 - LA CAMPIÑA - CHORRILLOS Fono (511)7190566 Fax(511)7190667

**PROYECTO** : AMPLACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO  
**TRAMO** : Km. 165+000 165+300  
  
**SOLICITANTE** : Cesar Egusquiza **PROGRESIVA** : Km. 165+170  
**DOMICILIO LEGAL** : **N° CALICATA** : 1  
**REFERENCIA** : **PROFUNDIDAD** : 0.80 - 1.20 m.  
**FECHA RECEPCION** : 14/04/2009 **MUESTRA** : M 4  
**FECHA DE ENSAYO** : 14/04/2009 **TEC. RESPONSABLE** : JPC

## CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108-2000

Número recipiente	1	2		
Peso del suelo humedo + recipiente	586.7	412.3		
Peso del suelo seco + recipiente	552.3	387.5		
Peso del agua	34.4	24.8		
Peso del recipiente				
Peso del suelo seco	552.3	387.5		
% de humedad	6.2	6.4		
% de humedad (promedio)	6.3			

**HOB CONSULTORES S.A.**

**HOB CONSULTORES S.A.**

Tec. JULIO MANUEL PINO CANSINO  
 Laboratorio Mecánica de Suelos

Ing. RICARDO A. GONZÁLEZ BOLDAN  
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos  
 CIP N° 42317







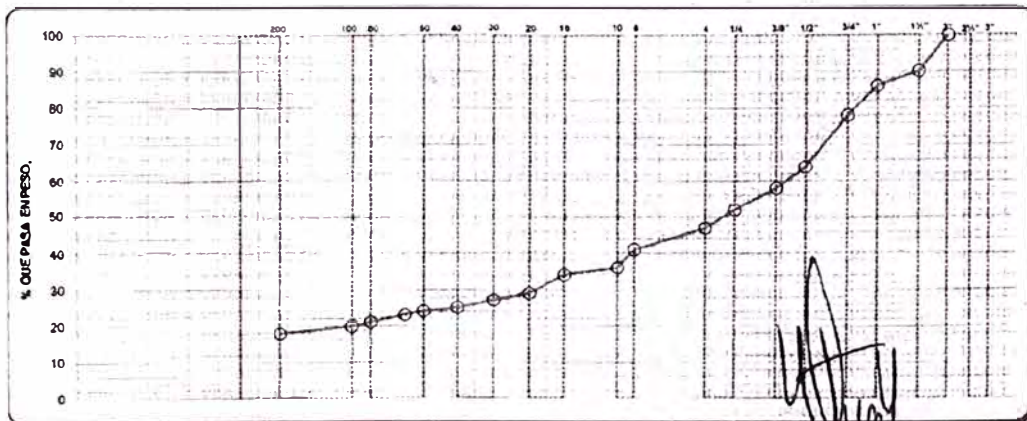
Consultora, Supervisión, Laboratorio de Ensayo de Materiales, Asesoría Técnica Especializada, Capacitación, Equipos de Laboratorio e Ingeniería

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

<b>PROYECTO</b>	AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUYS-HUANCAYO DEL KM 165+300 AL KM 165+800	<b>SOLICITANTE</b>	Curso de Titulación 2009-I Sección B, Grupo N° 2
<b>UBICACIÓN CALCATÁ</b>	KM 165+450, LADO IZQUIERDO C-1	<b>ING. RESPONSABLE TÉCNICO</b>	Ing. Alex Yummy Garnica
		<b>FECHA</b>	Abril 2009

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 107)**

<b>MUESTRA</b> : M-1		<b>PROF. (m)</b> 0.00 - 0.80							
Tamiz Ø	Material retenido				Especificaciones		Descripción		
	Pulgada	mm	Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)		min. (%)	max. (%)
3"	75.00							% de Humedad	6.12
2 1/2"	63.50							% de Grava	53.0
2"	60.80					100.0		% de Arena	29.0
1 1/2"	38.10		415.1	10.00	10.0	90.0		% Pasante N° 200	18.0
1"	25.40		166.0	4.00	14.0	86.0		Peso Inicial	4,151.8
3/4"	19.05		332.1	8.00	22.0	78.0		Porción de finos	747.1
1/2"	12.70		531.1	14.00	36.0	64.0		Color	Marron
3/8"	9.53		249.0	6.00	42.0	58.0		L.L.	34.0
5/16"	6.35		251.2	6.05	48.0	52.0		L.P.	32.0
N° 4	4.75		307.5	5.00	53.0	47.0		I.P.	2.0
N° 6	2.36		247.0	5.95	59.0	41.0		M.F.	
N° 8	2.00		206.9	4.98	64.0	36.0		CLASIFIC. SUCS	GM
N° 10	1.19		83.0	2.00	66.0	34.0		CLASIFIC. AASHTO	A - 1 - b (0)
N° 16	0.85		208.2	5.01	71.0	29.0		Observaciones	
N° 20	0.60		79.9	1.92	72.9	27.1		Humedad: Norma MTC E 108-2000	
N° 30	0.42		85.4	2.06	75.0	25.0			
N° 40	0.30		41.4	1.00	76.0	24.0			
N° 50	0.25		40.9	0.99	76.9	23.1			
N° 80	0.18		84.1	2.03	79.0	21.0			
N° 100	0.15		42.3	1.02	80.0	20.0			
N° 200	0.074		83.6	2.01	82.0	18.0			
Bandeja			747.1	17.99	100.0	0.0			



ALEX YUMMY GARNICA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 59288





Consultora, Supervisión, Laboratorio de Ensayo de Materiales, Asesoría Técnica Especializada, Capacitación, Equipos de Laboratorio e Ingeniería

### LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

<b>PROYECTO</b>	AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUYOS-HUANCAYO DEL KM.165+300 AL KM.165+800	<b>SOLICITANTE</b>	Curso de Titulación 2009-I Sección B, Grupo N° 2
<b>UBICACIÓN CALICATA</b>	KM. 165+450, LADO IZQUIERDO C-1	<b>ING. RESPONSABLE TÉCNICO</b>	Ing. Alex Ylurry Garnica
		<b>FECHA</b>	Abrij 2009

#### LIMITES DE CONSISTENCIA (NORMA MTC E - 110.111)

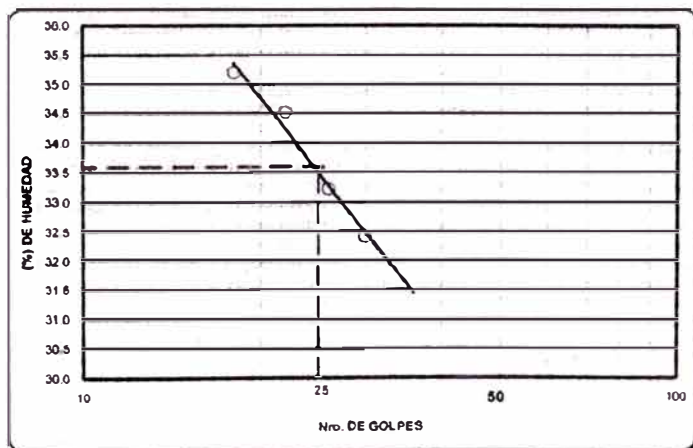
MUESTRA : M-1 PROF. (m) : 0.00-0.60

#### LIMITE LIQUIDO

N° RECIPIENTE	K1	L2	24	T3
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	27.46	26.42	24.62	28.57
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	22.82	21.22	20.71	23.82
PESO DEL AGUA (g)	4.64	4.20	3.91	4.75
PESO DEL RECIPIENTE (g)	9.64	9.05	8.94	9.16
PESO DEL SUELO SECO (g)	13.18	12.17	11.77	14.66
CONTENIDO DE HUMEDAD %	35.20	34.51	33.22	32.40
NUMERO DE GOLPES	18	22	26	30


#### LIMITE PLASTICO

N° RECIPIENTE	W1	-	-
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	17.30	-	-
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	15.26	-	-
PESO DEL AGUA (g)	2.02	-	-
PESO DEL RECIPIENTE (g)	8.91	-	-
PESO DEL SUELO SECO (g)	6.37	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD %	31.71	-	-



L.L. = 34  
L.P. = 32  
I.P. = 2

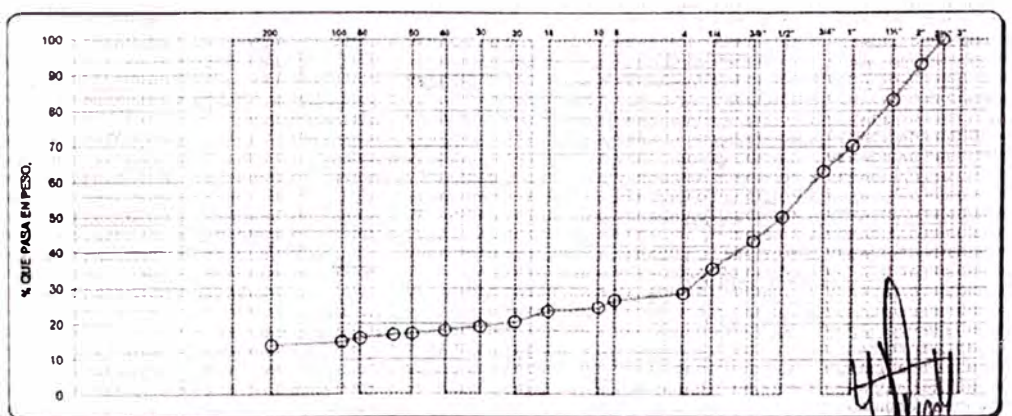
OBSERVACIONES

  
ALEX MAURICIO YLURRY GARNICA  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 59788



Consultoría, Supervisión, Laboratorio de Ensayo de Materiales, Asesoría Técnica Especializada, Capacitación, Equipos de Laboratorio e Ingeniería

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
<b>PROYECTO</b> AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUYOS-HUANCAYO DEL KM 165+300 AL KM 165+600					<b>SOLICITANTE</b> Curso de Tercerización 2009-I Sección B, Grupo N° 2				
<b>UBICACIÓN</b> CALUCATA : KM. 165+460. LADO IZQUIERDO					<b>ING. RESPONSABLE</b> TECNICO Eduar Estrada Cota				
<b>CALUCATA</b> : C-1					<b>FECHA</b> : Abril 2008				
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 107)									
<b>MUESTRA</b> : M-2					<b>PROF. (m)</b> : 0.80 - 1.25				
Tamiz		Material retenido				Especificaciones		Descripción	
Ø	Pulgada	Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	mín. (%)	máx. (%)		
3"	75.00							% de Humedad	6.21
2 1/2"	63.50				100.0			% de Grava	71.6
2"	50.80	283.5	6.97	7.0	93.0			% de Arena	14.5
1 1/2"	38.10	405.1	9.95	16.9	83.1			% Pasante N° 200	13.9
1"	25.40	526.5	12.94	29.9	70.1			Peso Inicial	4,069.5
3/4"	19.05	285.1	7.01	36.9	63.1			Porción de finos	567.1
1/2"	12.70	527.3	12.96	49.8	50.2			Color	Marrón
3/8"	9.53	280.1	6.88	56.7	43.3			L. L.	27.0
1/4"	6.35	324.0	7.96	64.7	35.3			L. P.	24.0
N° 4	4.75	280.1	6.88	71.5	28.5			I. P.	3.0
N° 6	2.38	81.0	1.99	73.5	26.5			M. F.	
N° 8	2.00	82.3	2.02	75.6	24.4			CLASIFIC. SUCS	GM
N° 10	1.19	40.5	1.00	76.6	23.4			CLASIFIC. AASHTO	A - 1 - a (0)
N° 16	0.85	121.5	2.99	79.5	20.5			Observaciones:	
N° 20	0.60	49.6	1.22	80.8	19.2			Humedad: Norma MTC E 108.2008	
N° 30	0.42	45.3	1.11	81.9	18.1				
N° 40	0.30	39.9	0.98	82.9	17.1				
N° 50	0.25	10.1	0.25	83.1	16.9				
N° 80	0.18	40.4	0.99	84.1	15.9				
N° 100	0.15	40.9	1.01	85.1	14.9				
N° 200	0.075	39.2	0.96	86.1	13.9				
Bandeja		567.1	13.94	100.0	0.0				



**ALEX MADRUGA Y TURRY GARNICA**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. de Colegios de Ingenieros N° 59788

**LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

<b>PROYECTO</b>	AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUYOS-HUANCAYO DEL KM.165+300 AL KM.165+600	<b>SOLICITANTE</b>	Curso de Titulación 2009.1 Sección B, Grupo N° 2
<b>UBICACIÓN</b>	KM. 165+450. LADO IZQUIERDO	<b>ING. RESPONSABLE</b>	Ing. Alex Ylurry Garnica
<b>CALICATA</b>	C-1	<b>TECNICO</b>	Edgar Estrada Celis
		<b>FECHA</b>	Abril 2009

**LIMITES DE CONSISTENCIA  
(NORMA MTCE - 110, 111)**

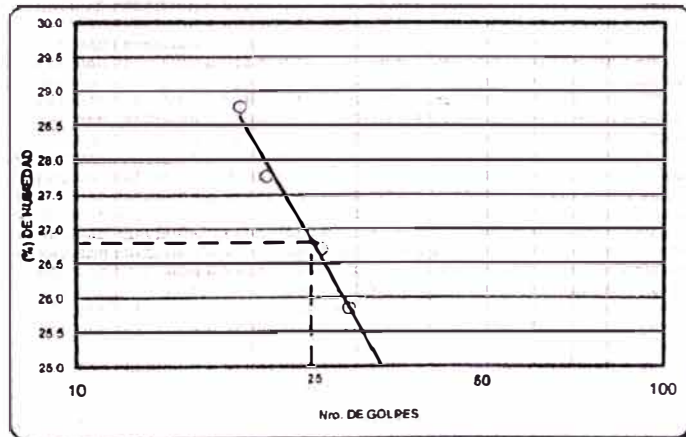
**MUESTRA** : M-2 **PROF. (m)** : 0.80 - 1.25

**LIMITE LIQUIDO**

N° RECIPIENTE	R1	S2	GH	P4
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)</b>	32.70	37.28	27.25	27.90
<b>PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)</b>	27.35	31.08	23.32	24.00
<b>PESO DEL AGUA (g)</b>	5.35	6.20	3.93	3.90
<b>PESO DEL RECIPIENTE (g)</b>	8.75	8.75	8.80	8.90
<b>PESO DEL SUELO SECO (g)</b>	18.60	22.33	14.72	15.10
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	28.78	27.77	26.70	25.83
<b>NUMERO DE GOLPES</b>	19	21	26	29

**LIMITE PLASTICO**

N° RECIPIENTE	M3	-	-
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)</b>	16.72	-	-
<b>PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)</b>	16.19	-	-
<b>PESO DEL AGUA (g)</b>	1.53	-	-
<b>PESO DEL RECIPIENTE (g)</b>	8.92	-	-
<b>PESO DEL SUELO SECO (g)</b>	6.27	-	-
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	24.40	-	-



**LL = 27**  
**LP = 24**  
**IP = 3**

**OBSERVACIONES**

*Alex Ylurry Garnica*  
**ALEX YLURRY GARNICA**  
INGENIERO CIVIL  
Prof. de Ingeniería de Materiales N° 43780

## **ANEXO 4**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CARRETERAS - BASE Y SUB BASE GRANULAR EG-2000**



## SUBBASE GRANULAR

### Materiales

Deberán ajustarse a una de las franjas granulométricas siguiente:

### Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasan en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (Nº 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (Nº 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 µm (Nº 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 µm (Nº 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Fuente: ASTM D 1241

(1) Para altitud mayor o igual a 3000 msnm.

Además, deberá cumplir con:

### Requerimientos de Ensayos Especiales

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx	50 % máx
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín	40 % mín
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx	25% máx
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx	4% máx
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín	35% mín
Sales Solubles	MTC E 219			1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx	20% máx

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5mm)

(2) La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)



## BASE GRANULAR

### Materiales

La Granulometría, se presentará continua y bien graduada. Para las zonas con altitud de 3000 msnm se deberá seleccionar la gradación "A".

### Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (Nº 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (Nº 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 um (Nº 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (Nº 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

Fuente: ASTM D 1241

La Base Granular deberá cumplir además con las características físico-mecánicas y químicas siguientes:

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico Ligero y Medio	Min 80%
	Tráfico Pesado	Min 100%

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm).

### Requerimientos Agregado Grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos	
				Altitud	
				< Menor de 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx	40% max
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 221	D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Pérdida con Sulfato de Sodio	MTC E 209	C 88	T 104	---	12% máx.
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	---	18% máx.

(1) La relación ha emplearse para la determinación es: 1/3 (espesor/longitud)

Requerimientos Agregado Fino

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3,000 m/s.n/m	> 3,000 m/s.n/m
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx	2% máx
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín	45% mín
Sales solubles totales	MTC E 219	0,55% máx	0,5% máx
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín	35% mín

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 88	7500 m <sup>3</sup>	Cantera
	Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m <sup>3</sup>	Cantera
	Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	750 m <sup>3</sup>	Cantera
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Sales Solubles	MTC E 219	D 1888		2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	D 5821		2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	D 4791		2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Pérdida en Sulfato de Sodio / Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2000 m <sup>3</sup>	Cantera
	Densidad Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	750 m <sup>3</sup>	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T 191 T 238	250 m <sup>2</sup>	Pista

## **ANEXO 5**

### **ABACOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS**

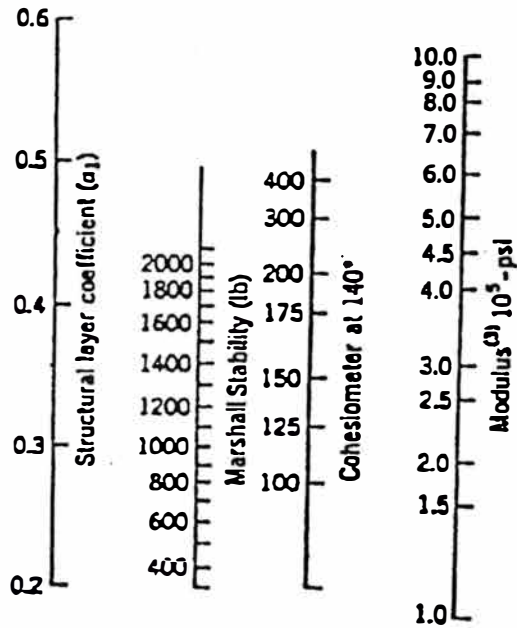


Figure 2-4.14. AC surface course layer coefficient related to other AC tests (Van Til et al. 1972).

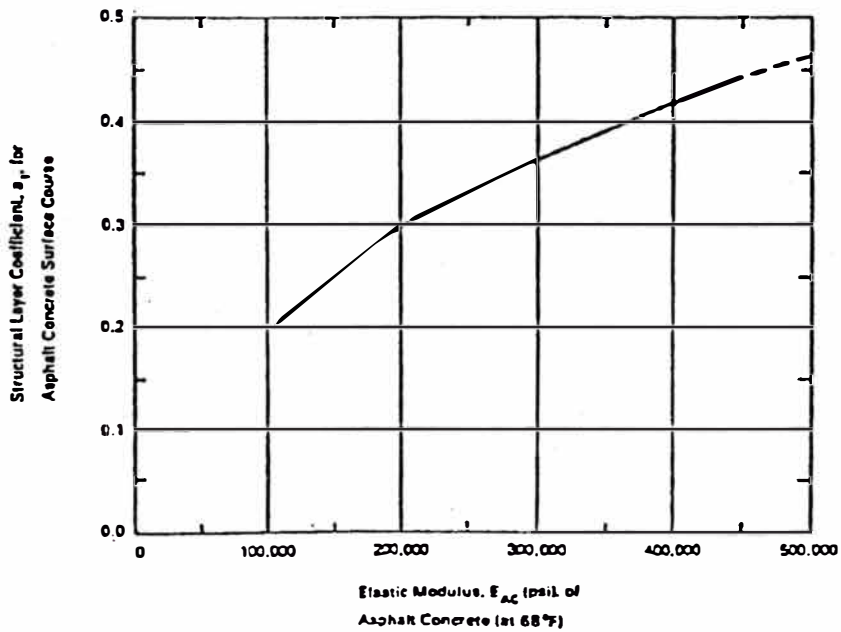
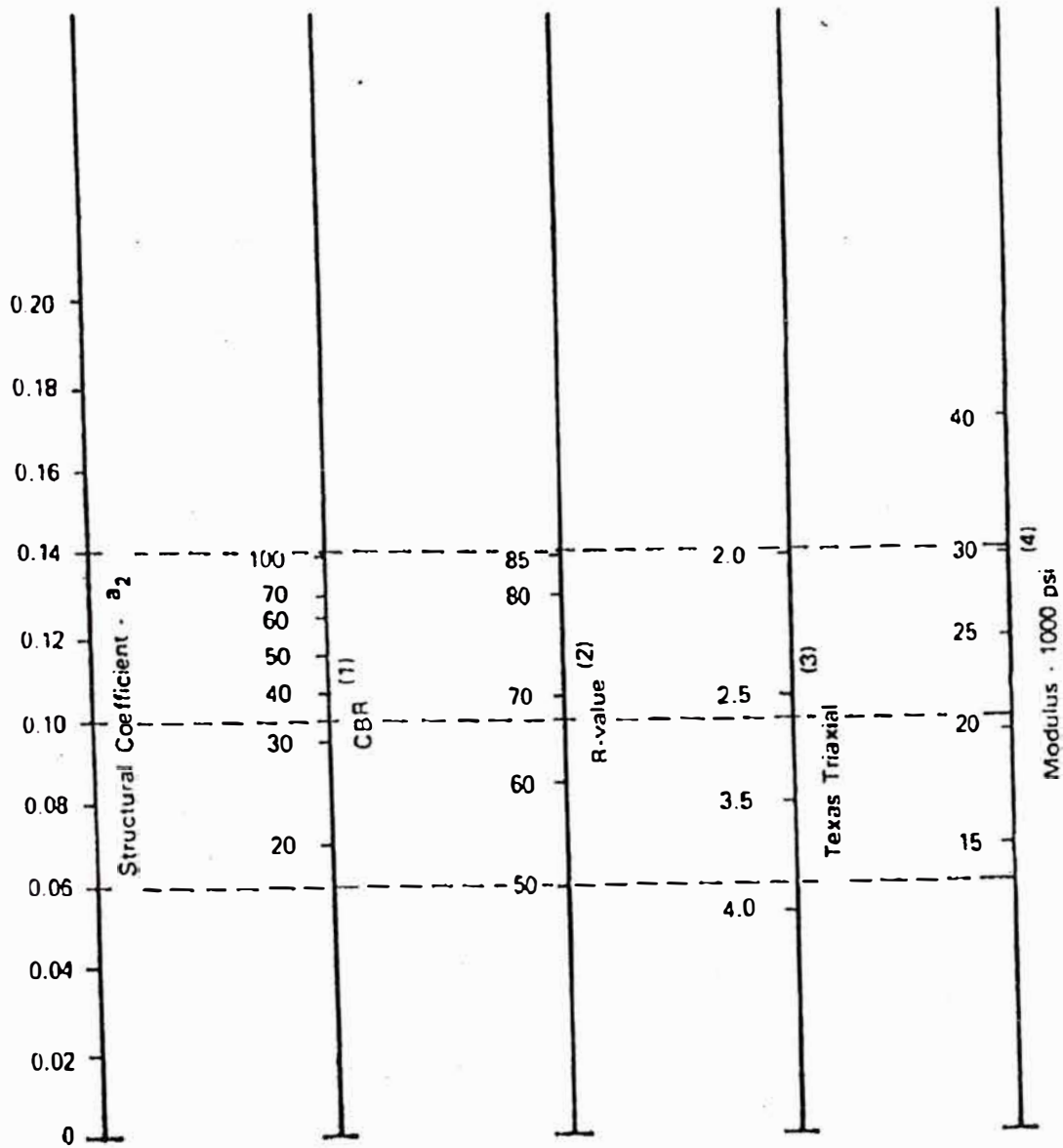


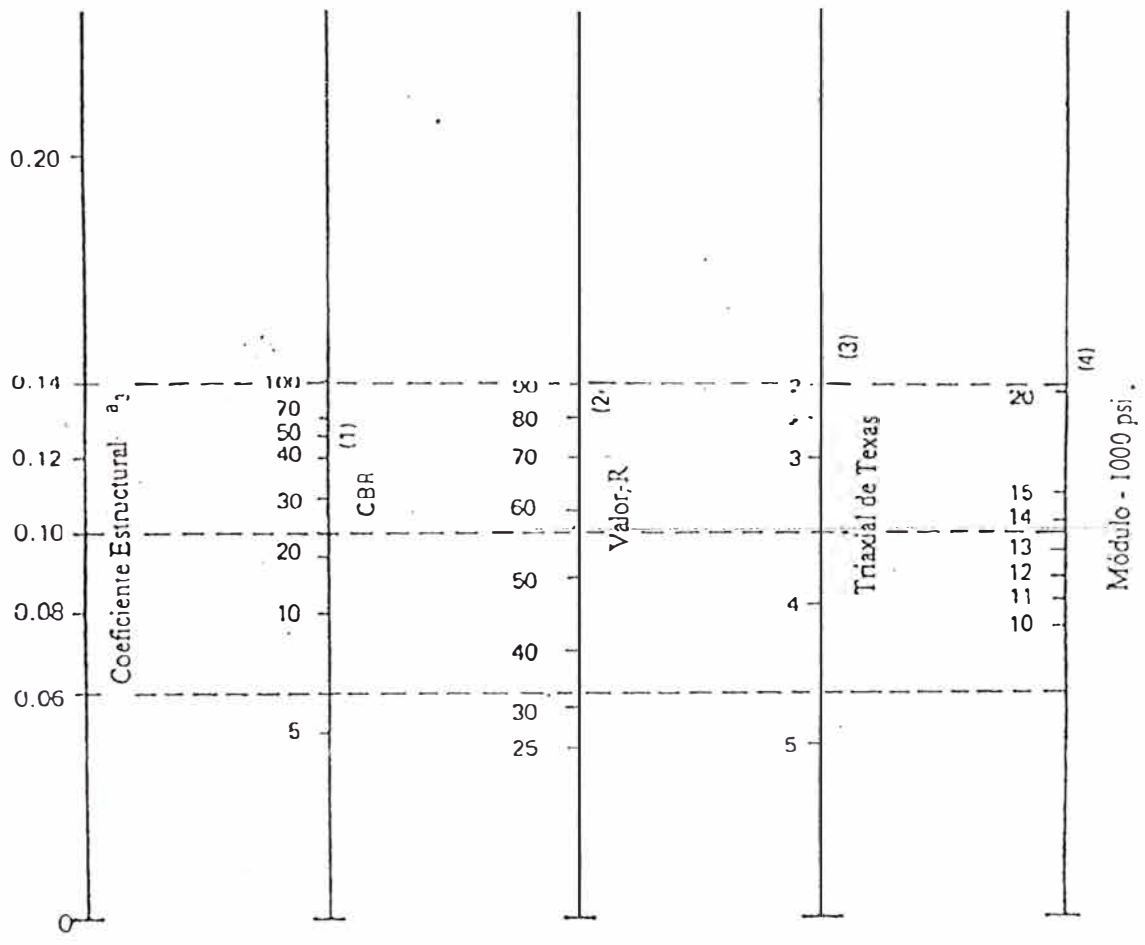
Figure 2-4.15. Chart for estimating the structural layer coefficient of dense-graded AC surface course based on the elastic modulus (Van Til et al. 1972).



- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois.
- (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

Figure 2.6. Variation In Granular Base Layer Coefficient ( $a_2$ ) with Various Base Strength Parameters (3)



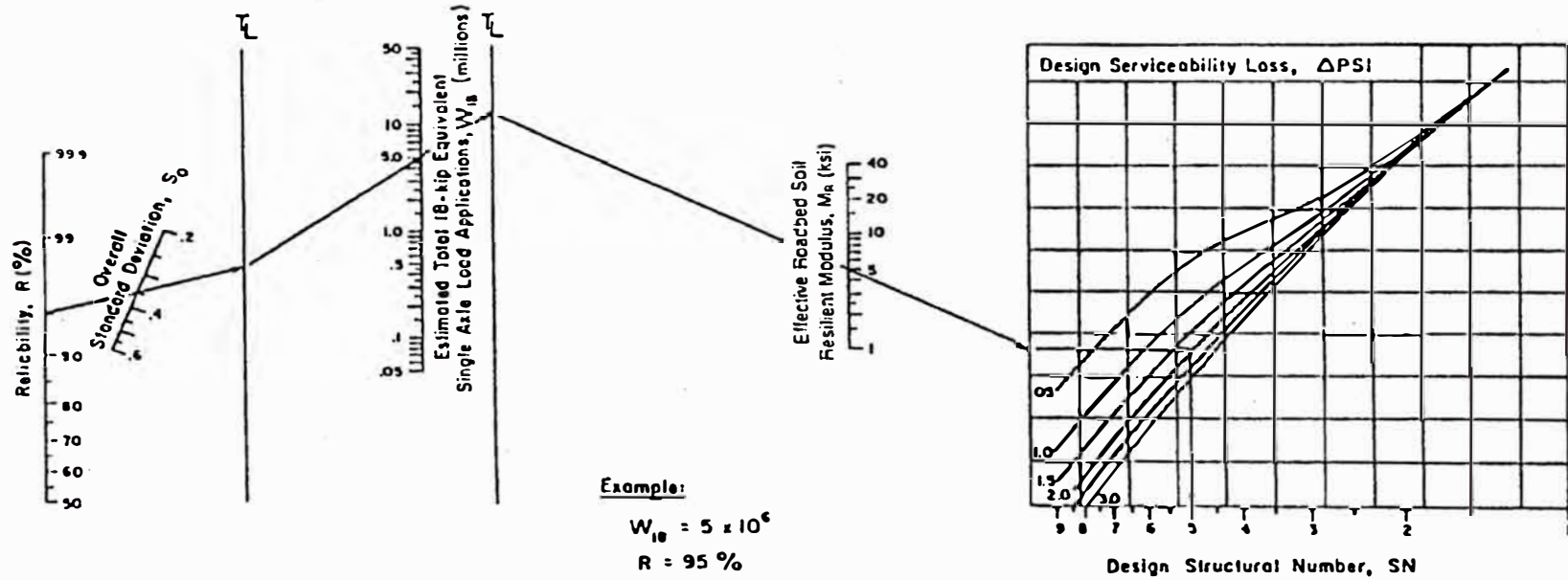


- (1) Escala derivada de las correlaciones obtenidas de Illinois
- (2) Escala derivada de las correlaciones obtenidas del Instituto del Asfalto, California, Nuevo México y Wyoming
- (3) Escala derivada de las correlaciones obtenidas de Texas
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Figura 2.7. Variaciones en el Coeficiente de Capa de Subbase Granular ( $a_2$ ) con Diferentes Parámetros de Subbase (Resiliente) ( $J$ )

NOMOGRAM SOLVES:

$$\log_{10} \frac{W}{18} = z_R \cdot S_o + 9.36 \cdot \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10} M_R - 8.07$$



Example:

$$W_{18} = 5 \times 10^6$$

$$R = 95\%$$

$$S_o = 0.35$$

$$M_R = 5000 \text{ psi}$$

$$\Delta PSI = 1.9$$

$$\text{Solution: } SN = 5.0$$

Figure 3-1.3. Design chart for flexible pavements based on using mean inputs for each input (AASHTO 1993).

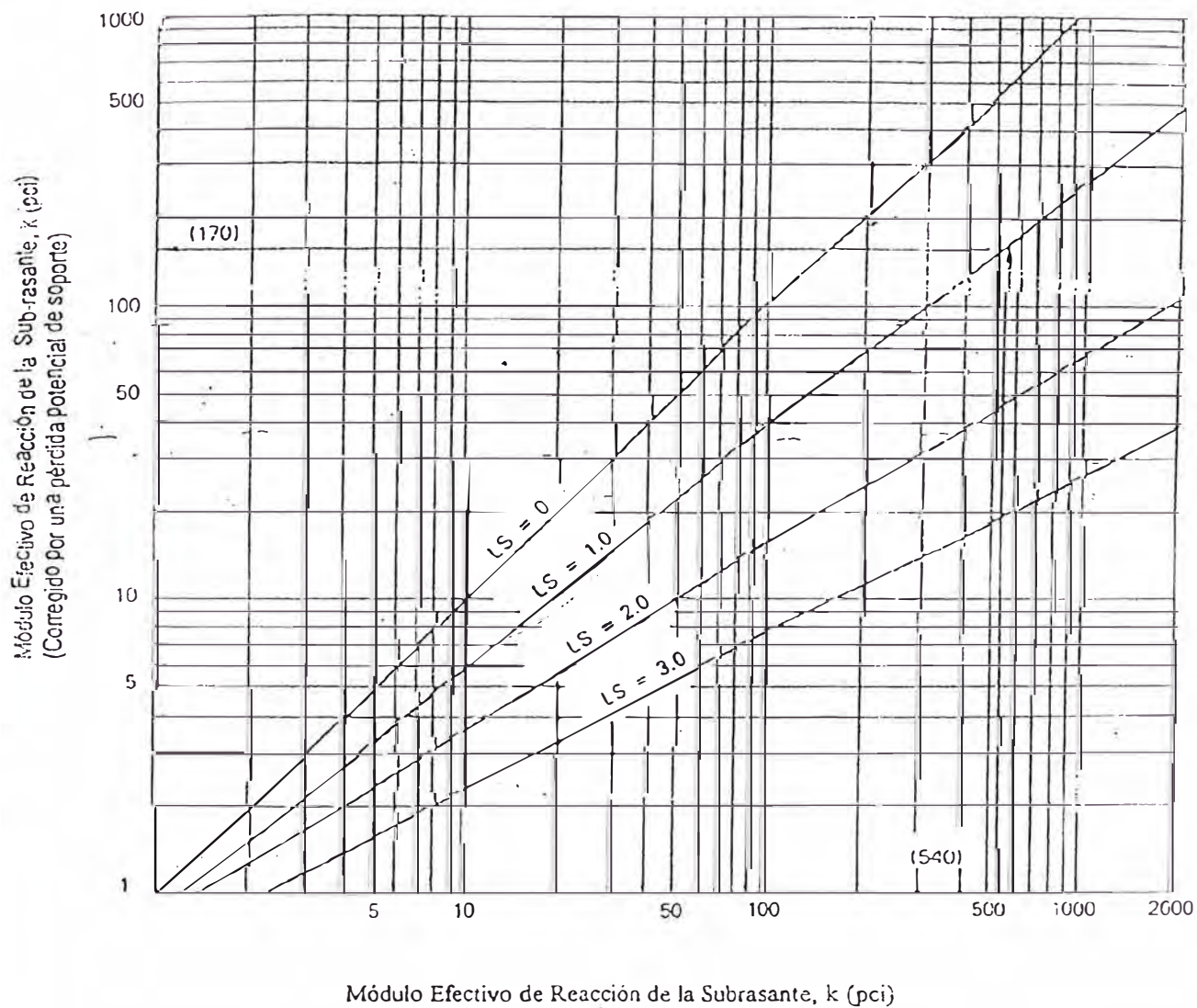


Figura 3.6. Corrección del Módulo de Reacción Efectivo de la Subrasante para Pérdida Potencial de Soporte de la Sub-base (6)

Tabla 2.7 Rangos típicos de factores de pérdida de soporte (LS) para varios tipos de materiales

Tipo de Material	Pérdida de Soporte (LS)
Base Granular tratada con cemento ( E = 1000000 a 2000000 psi )	0.0 a 1.0
Agregados Mixtos con Cemento ( E = 500000 a 1000000 psi )	0.0 a 1.0
Tratamiento de Base Asfáltica ( E = 350000 a 1000000 psi )	0.0 a 1.0
Estabilización Mixta de Bituminosos ( E = 40000 a 300000 psi )	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal ( E = 20000 a 70000 psi )	1.0 a 3.0
Materiales Granulares Suelos ( E = 15000 a 45000 psi )	1.0 a 3.0
Gajos Finos o Material de Subrasante Natural ( E = 3000 a 40000 psi )	2.0 a 3.0

Note: E en estas tablas es referencia general del símbolo para elasticidad o módulo resiliente de el material

Ejemplo:

$$D_{SB} = 6 \text{ pulgadas}$$

$$E_{SB} = 20,000 \text{ psi}$$

$$M_R = 7,000 \text{ psi}$$

Solución:  $k_{\alpha} = 400 \text{ pci}$

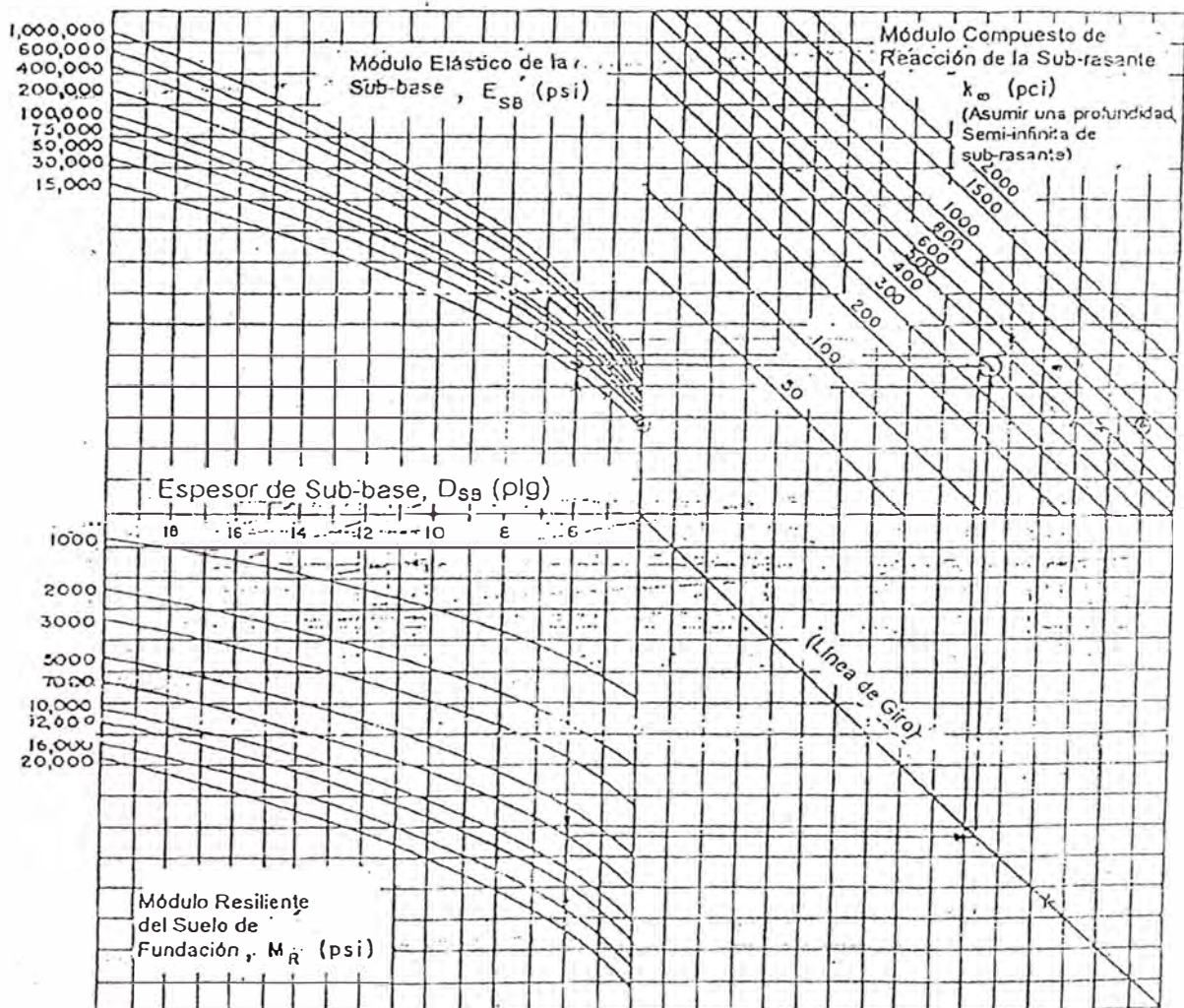


Figura 3.3. Carta para Estimar los Modulos de Reacción de la Subrasante Compuestas,  $k_{\alpha}$ , Asumiendo un Espesor Semi-infinito de Subrasante. (Para propósitos Prácticos, se considera un espesor semi-infinito al que es mayor de 3 m por debajo de la superficie de la subrasante).