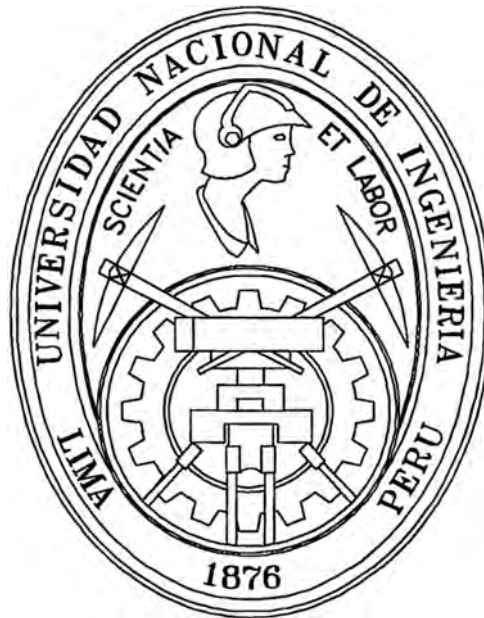


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



*EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE
DE LA CARRETERA CALAPUJA – AZÁNGARO: KM 28+500
AL KM 46+600*

INFORME DE INGENIERIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Juan Carlos Vara Cárdenas

LIMA – PERU
2006

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE INGENIERÍA



**“EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA
SUB-RASANTE DE LA CARRETERA CALAPUJA - AZÁNGARO:
KM 28+500 AL KM 46+600”**

AUTOR : Bach. Ing. Juan Carlos Vara Cárdenas

ASESOR : Ing. Wilfredo Gutiérrez Lazares

LIMA - PERU

Abril 2006

***“A mis padres Juan y Felipa,
por su apoyo y paciencia demostrada
en la realización de mis metas”***

Indice

Introducción

CAPÍTULO 1 Generalidades

1.1	Antecedentes	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Ubicación	2
1.4	Clima	2
1.5	Topografía y Trazo Geométrico	3
1.6	Geomorfología	4
1.7	Geología del Trazo	6
1.8	Enfoque Temático del Problema	7

CAPÍTULO 2 Estudios Realizados

2.1	Estudio de Suelos	9
2.2	Diseño del Pavimento	17
2.3	Análisis y Comentarios a los Estudios Realizados	19

CAPÍTULO 3 Evaluación y Mejoramiento de la Sub-rasante

3.1	Introducción	22
3.2	Trabajos de Campo y Laboratorio	23
3.3	Determinación del Espesor de Capa de Tierra Vegetal	39
3.4	Caracterización Geotécnica	41
3.5	Análisis de Alternativas de Mejora del Suelo de Cimentación	54
3.6	Conclusiones y Acciones Recomendadas	65

CAPÍTULO 4 Conclusiones y Líneas Futuras de Investigación

4.1	Conclusiones	67
4.2	Líneas Futuras de Investigación	70

Bibliografía

71

Anexos:

- Anexo 1: Estudio de Tráfico Post – Obra
- Anexo 2: Registros de Ejecución de Calicatas de Replanteo
- Anexo 3: Registros de Ejecución de Calicatas en Vía Existente
- Anexo 4: Registros de Ejecución de Ensayos PDC
- Anexo 5: Registro de Ensayos de Cantidad de Materia Orgánica
- Anexo 6: Perfil Estratigráfico – Investigación Geotécnica Complementaria

Introducción

En el diseño de una carretera, muy poco se toma en cuenta el valor de la capacidad de soporte del terreno de fundación, generalmente los estudios geotécnicos se realizan después de haber seleccionado la ruta, cuando se realizaron los perfiles y establecido la rasante, el resultado es que dicho estudio queda limitado a la dirección del trazo.

Cuando tenemos en nuestras manos un proyecto de carretera, las consideraciones de alineamiento y rasante no son suficientes, y deben complementarse con estudios geotécnicos. El conocimiento de las características del terreno de fundación debe ser uno de los factores básicos en la determinación de la ruta a seguir.

Son muchas las áreas en que los resultados de los estudios geotécnicos representan una ayuda valiosísima para el ingeniero, pero para hacer este análisis se pueden agrupar en cinco categorías:

1. Selección de la Ruta
2. Diseño del Pavimento
3. Estudio de Canteras
4. Administración de la Construcción
5. Tratamiento y Drenaje de la superficie del suelo

Al estudiar estas cinco categorías, debemos recordar que los ingenieros de carreteras se interesan principalmente de la parte superficial del terreno, al revés del diseñador de edificios u otras estructuras grandes, que se preocupa esencialmente de los suelos profundos. En pocas palabras, solo se preocupa solamente de los suelos que queden a no más de 1.50 m de profundidad bajo la superficie.

A continuación se presentará una descripción de los capítulos que componen el presente Informe.

En el primer capítulo "Generalidades", se describen los antecedentes y objetivos del proyecto, se mencionan características generales como la ubicación y clima, así como las características topográficas y de relieve de la zona del proyecto, también se presenta la información geológica y geomorfológica, importantes para el conocimiento del origen y formación de los suelos a los cuales nos enfrentamos, se explica también la finalidad del proyecto, es decir la razón de ser del proyecto.

Asimismo se describen los problemas que se presentan en el diseño de la carretera, resaltando el problema de la baja capacidad de soporte de la sub-rasante, materia del presente informe de ingeniería.

En el segundo capítulo "Estudios Realizados", se presenta un resumen de los estudios efectuados por el MTC, en los que se hace mención principalmente al estudio de suelos y diseño del pavimento, presentando al final de este capítulo el análisis y los comentarios con referencia a estos estudios.

En el tercer capítulo "Evaluación y Mejoramiento de la sub-rasante", se mencionan los métodos empleados en la realización de la investigación geotécnica complementaria, así mismo se hace una descripción de los trabajos de campo y laboratorio realizados y los resultados que se obtuvieron, también se determina a partir de los resultados obtenidos el espesor de capa de tierra vegetal y el contenido de materia orgánica.

Con los resultados obtenidos de los ensayos realizados en la investigación geotécnica, se procede a la evaluación de la sub-rasante, consistente en una completa caracterización geotécnica del tramo en estudio, luego del cual se realiza una sectorización de la carretera identificando los tramos que presenten problemas de suelos blandos, para finalmente presentar un análisis de alternativas para la mejora del suelo de cimentación.

En el cuarto capítulo "Conclusiones y Líneas Futuras de Investigación", se realiza las respectivas conclusiones del tema en estudio es decir la evaluación de la sub-rasante y la determinación de su capacidad portante, así como de la investigación geotécnica realizada y también sobre los sistemas de tratamiento de suelos para su mejoramiento. Asimismo se presenta unas líneas de investigación en lo referente a la determinación de la capacidad de soporte mediante el uso del PDC y sobre los estudios de mecánica de suelos para obras viales, estas de suma importancia para posteriores estudios geotécnicos para carreteras.

CAPÍTULO

1

CAPÍTULO 1

Generalidades

1.1 ANTECEDENTES

Desde agosto de 1997, la Dirección General de Caminos viene ejecutando los trabajos de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Calapuja – Azángaro, basado en el Expediente Técnico.

Desde el inicio de los trabajos en 1997 hasta el año 2001 la Dirección General de Caminos (DGC) ha ejecutado 28.5 km. a nivel definitivo. El Expediente realizado por la DGC contempla trabajos a nivel de carpeta asfáltica, desde la progresiva km. 28+500 hasta el km. 46+605.

Parte de la información que se brinda, ha sido extraída del Expediente Técnico elaborado por la Consultora Volcán S.A. (1995), aprobado por el Ministerio de Transportes, al cual se le han hecho los ajustes pertinentes especialmente en cuanto al Estudio de Suelos, Canteras, Fuentes de Agua, Diseño de Pavimentos, Hidrología y Drenaje, los mismos que fueron elaborados por la Oficina de Control de Calidad de dicha Dirección.

También es necesario indicar que en los primeros meses del año 1997 el Proyecto Especial Carretera Transoceánica ha ejecutado sobre la vía, una rehabilitación parcial colocando material sobre la plataforma a ejecutarse; por lo que la cota de terreno indicada en los planos del expediente de la Consultora Volcán, no coinciden con las cotas encontradas al efectuarse el replanteo topográfico.

La construcción de la obra, estuvo a cargo del Consorcio Calapuja, la Supervisión la realizó el Consorcio Vial Sur, siendo el plazo de ejecución de marzo 2003 a mayo de 2004.

1.2 OBJETIVOS

El objeto del Proyecto, es elevar la categoría de la vía, recuperando y mejorando sus características técnicas, para satisfacer los requerimientos del tránsito futuro, mejorando además los diversos dispositivos de señalización y drenaje a lo largo de la carretera. Asimismo, proveer niveles adecuados de serviciabilidad, seguridad y comodidad a los usuarios, apoyar al desarrollo de la región, proporcionando infraestructura que propicie menores costos de transporte y por lo tanto, mejor competitividad de la producción local.

El presente informe pretende dar a conocer la importancia de la evaluación de la sub-rasante, analizando en este caso la capacidad de soporte del terreno de fundación para la construcción de una carretera, teniendo en cuenta los problemas que en ésta se presentan, principalmente de mala valoración de la sub-rasante, también se presenta el procedimiento para la evaluación geotécnica complementaria realizada, así como las alternativas de mejoras de los suelos de cimentación. Este trabajo se realizó en el mes de abril del 2003, poco tiempo antes de la construcción de la carretera Calapuja – Azángaro en el departamento de Puno.

1.2.1 Situación actual de la carretera

La carretera que une las localidades de Calapuja y Azángaro se encuentra parcialmente abandonada, por falta de un adecuado mantenimiento.

Esta carretera es considerada como parte de la vía Transoceánica, motivo por el cual es imprescindible su reconstrucción a nivel de asfaltado.

Asimismo, los suelos que conforman la sub-rasante de la carretera están conformados en mayor parte por suelos finos, y en algunos casos por suelos blandos, los cuales hacen que la capacidad de soporte sea mínima.

Dada las características de los problemas mencionados, se realizó un estudio complementario a fin de evaluar la capacidad de soporte de la sub-rasante.

1.3 UBICACIÓN

La Carretera Calapuja – Azángaro se desarrolla entre los km. 28+500 al km. 46+580. Se encuentra ubicada en la Región Puno, provincias de Lampa y Azángaro, en altitudes que varían entre los 3800 a 3900 m.s.n.m.

El inicio del proyecto se ubica en el km. 23+500 de la carretera Juliaca – Pucará (zona urbana de Calapuja), a partir del cual se bifurca hacia la zona urbana de Azángaro.

En su recorrido no atraviesa poblados ni zonas importantes, existiendo únicamente pequeños asentamientos pertenecientes a las Comunidades Campesinas de Mataro Grande y Mataro Chico, entre las progresivas del km. 22+000 al km. 26+500.

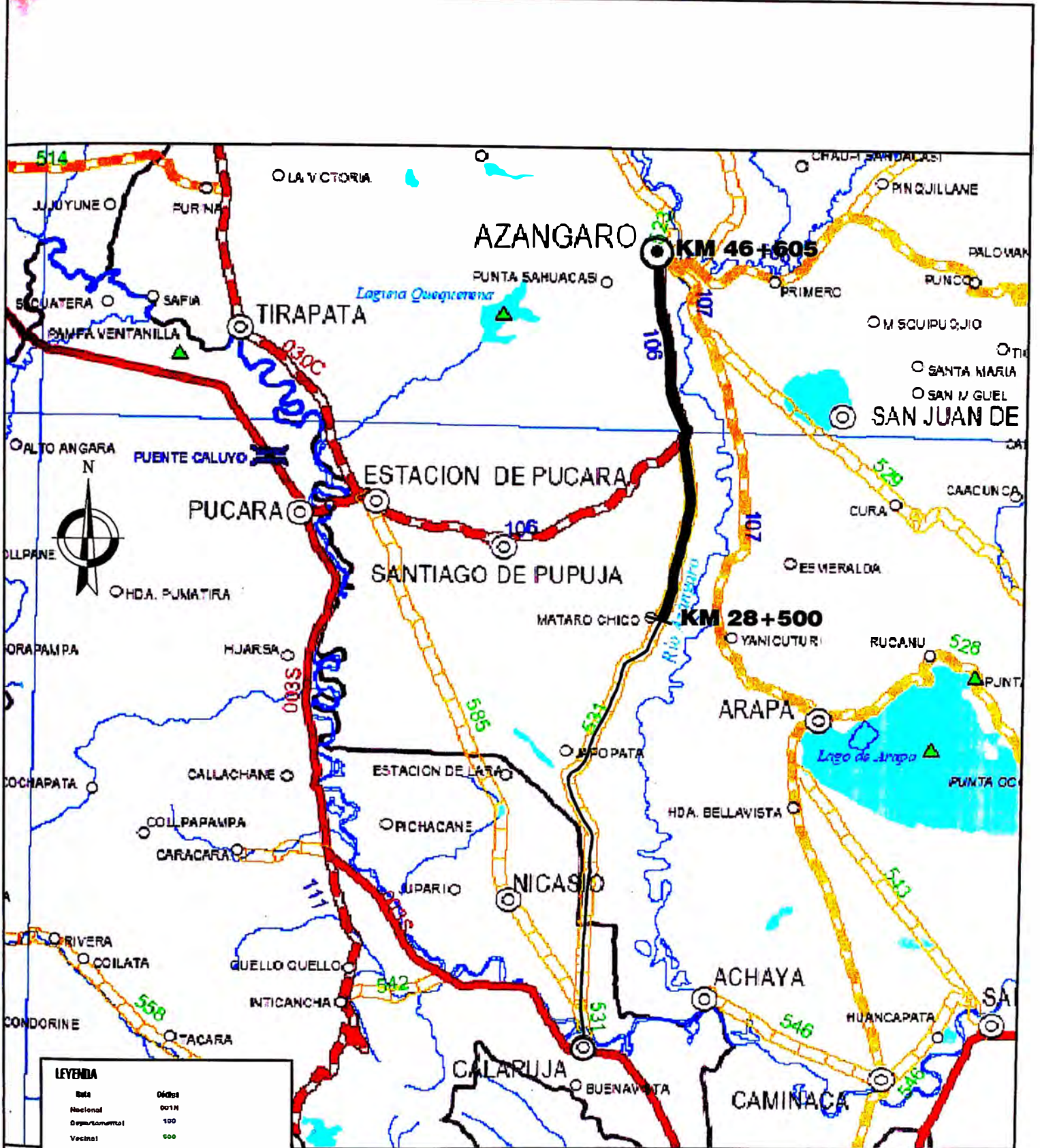
1.4 CLIMA

De acuerdo a la clasificación del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) el clima que corresponde a la zona, es al bosque húmedo Montano Subtropical (bh-MS), cuya biotemperatura media anual máxima es de 12.9 °C y la media anual mínima es de 6.5 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1119 milímetros y el promedio mínimo de 410 milímetros.

En general el clima en el área esta marcado por el dominio de dos estaciones principales:



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL		
TITULO: "EVALUACION Y MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO: KM 28+500 AL KM 46+600"		
BACHILLER: JUAN CARLOS VARA CARDENAS	ASESOR: ING. WILFREDO GUTIERREZ LAZARES	
FECHA: Marzo 06	ESCALA: S/E	LAMINA: LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



LEYENDA

Redes	Códigos
Nacional	001N
Departamental	100
Vечnal	000

Signos Convencionales

Superficie de Bascadura

- Asfaltado
- Afirmado
- Sin Afirmar
- Trechca Carrozable
- En Proyecto

Político

- Capital Departamental
- Capital Provincial
- Capital Distrital
- Pueblo
- Puente
- Puñtón
- Tuñel
- Baldón
- Aeropuerto
- Aeródromo
- Careta
- Embarcadero
- Puerto Fluvial
- Muelle
- Acc. Geográficos
- Alta
- Mina
- Planta Eléctrica
- oros
- Planta
- Puerto

— Límite Departamental
 --- Límite Provincial
 --- Límite Internacional

— Río
 --- Laguna

Actualización Noviembre-1998



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TITULO: "EVALUACION Y MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO: KM 28+500 AL KM 46+600"

BACHILLER: JUAN CARLOS VARA CARDENAS	ASESOR: ING. WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
FECHA: Abril 06	ESCALA: S/E
LAMINA: PLANO DE UBICACION	

Una estación frígida y seca entre abril y setiembre, ventosa entre los meses de junio y agosto, con temperaturas mínimas que durante el día suelen alcanzar los 5 a 7° C. La estación coincide con la mínima precipitación pluvial representada únicamente por nevadas esporádicas. En las noches predominan heladas con temperaturas por debajo de los 0°C.

Estación templada a fría, entre los meses de setiembre y abril, durante este período la temperatura en el día puede sobrepasar los 12° C; en tanto que las noches con cielo despejado, la temperatura varía alrededor de 0°C, esta época generalmente se caracteriza por ser un periodo lluvioso que se acentúa entre los meses de diciembre a marzo.

Las temperaturas bajas y la altura limitan la variedad de la vegetación natural. El principal tipo de vegetación natural es el ichu (*stipa obtusa*) y pequeños arbustos como la tola (*Spidophyllum quadrangulare*), sobre las pampas encima de los 3900 m. el quiñar y el quishuar forman bosques residuales, especialmente en los valles profundos; estos arbustos constituyen un recurso de combustible para los habitantes de la zona.

1.5 TOPOGRAFÍA Y TRAZO GEOMÉTRICO

La vía se emplaza sobre una topografía predominantemente llana, por lo que las precipitaciones pluviales tienden a inundar el área. Por otro lado, las quebradas que interceptan la vía tienen como punto de entrega al río Azángaro, el cual está ubicado en el lado derecho de la vía (alejado a más de 0.50 km.)

El trazo carretero está proyectado por la misma ruta actual con variaciones, en algunos tramos, de orden técnico. Se desarrolla sobre terrazas, pie de los cerros y margen derecha del río Azángaro (aguas arriba) y pasa por las localidades de Mataro Chico y Mataro Grande.

La superficie de la ruta proyectada tiene un relieve con pendientes llanas a ligeramente inclinadas, sin accidentes topográficos notables.

1.5.1 Descripción del trazo vial

La carretera Calapuja – Azángaro, comprende el tramo asfaltado del km. 00+000 al km. 28+500. Desde el km. 28+500 hasta el km. 46+600, se encontraba como una trocha carrozable, prácticamente intransitable durante el régimen anual de lluvias. De la correlación con la carta nacional, se puede afirmar que el alineamiento siguió básicamente un camino de herradura entre Calapuja y Mataro Chico, en sus primeros 26.5 km. y otro entre Mataro Chico y Azángaro en sus 20.1 km. finales.

La vía no presentaba mayor infraestructura que la ejecutada durante el periodo de 1997 a 2001 además de la realizada al aperturar la vía, destacando que dicha apertura, se realizó eliminando y limpiando la vegetación existente, para lastrarla luego en pequeños tramos con material de la zona. En resumen, la vía no presentaba obras de infraestructura rescatables y el nivel de la rasante actual es a nivel con el terreno natural.

Siendo la vía un tramo de la carretera transoceánica, dicho Proyecto, en el año 1991 puso en servicio el Puente Calapuja, sobre el río Pucará, ubicado entre las progresivas km. 1+127.15 y km. 1+317.00, de dos tramos con un pilar central, siendo el primer tramo tipo viga-losa de concreto armado en una longitud de 30 m, y el segundo tramo tipo SIMA en una longitud de

70 m, siendo su construcción y habilitación reciente, dicho puente no presenta ningún problema estructural ni de mantenimiento, que amerite un estudio detallado.

Desde el inicio del trazo, hasta el km. 28+500, se encuentra a nivel de carpeta asfáltica; trabajos realizados desde 1997 al 2001 por la Dirección General de Caminos del MTC.

De la última progresiva indicada y hasta la localidad de Azángaro se encuentran algunas obras de arte, alcantarillas de tubería metálica corrugada y tipo marco de concreto armado, las mismas que están incompletas en su construcción o están deterioradas por falta de obras de protección y encauzamiento de los cursos de agua que atraviesan la vía.

La carretera no presenta tramos accidentados por el predominio de topografía llana.

En el contexto general, el estudio debió ser considerado como una obra nueva en toda su integridad, ya que con excepción del Puente Calapuja, ninguna estructura es rescatable.

1.5.2 Criterios de diseño

De acuerdo a la información consultada y al trabajo de reconocimiento de campo, las características geométricas del tramo km. 28+500 – km. 46+605 a adoptarse tienen los valores siguientes:

Velocidad Directriz	:	50 km/h
Ancho de rodadura	:	6.60 m.
Bermas	:	0.80 m. cada lado
Cunetas triangulares	:	Tipo I: 1.20 m x 0.40 m. Tipo II: 0.80 m x 0.30 m.
Zanjas de drenaje	:	Trapezoidales (ancho, base y altura mínima de: 1.50 m, 1.0 m y 0.50 m respectivamente)

Desde el km. 28+500 hasta Azángaro los alineamientos tienen tangentes extensas y curvas de gran radio, al ser este sector totalmente plano donde predominan los rellenos para la conformación de la plataforma a un nivel de 1.20 m sobre el terreno natural.

En resumen las características geométricas de la vía se han ajustado a la topografía existente y a la continuidad de las características técnicas del Proyecto, requiriendo necesariamente una elevación de la rasante sobre el terreno natural, al atravesar la vía por lugares planos y fácilmente inundables.

1.6 GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo a las unidades y sub-unidades descritas, la historia geomorfológica del tramo Calapuja-Azángaro tendría la siguiente evolución:

Durante la Era del Paleozoico se depositaron rocas sedimentarias de ambiente marino: Grupo Cabanillas, a fines del Mesozoico y en el Terciario inferior fueron intruidos por soluciones ácidas: Diorita, y a finales del Terciario y principio del Cuaternario se habría acumulado barros volcánicos: Basalto Andesítico.

Durante la época del Cuaternario antiguo ocurre la glaciación y la desglaciación respectiva, originando un relleno del clástico y fino en toda la cuenca tectónica del Altiplano dando lugar a la unidad geológica de formación Azángaro con exposición entre Nicasio y Mataro Chico. La desglaciación también originó ríos caudalosos como Pucará y Azángaro, que luego de colmar las depresiones existentes, inició la erosión de la formación Azángaro con mayor intensidad en el lado este (río Azángaro) y gradual en el lado Oeste (río Pucará) dejando terrazas escalonadas entre las localidades de Nicasio y Mataro Grande, para luego abandonar el curso antiguo por el actual (Calapuja).

1.6.1 Unidades Geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas reconocidas en la zona, se describen a continuación:

– Altiplanicie

El trazo carretero se desarrolla sobre la Altiplanicie, sobre altitudes que oscilan entre 3900 y 4000 m, desde el km. 26+000 hasta el mismo Azángaro en el km. 46+580.

Sobre la Altiplanicie destacan ocasionalmente algunas lomadas, constituidas por promontorios aislados o contiguos que se desarrollan al pie de cerros, tienen superficies de formas suavemente onduladas, y laderas de pendientes suaves.

La unidad de Altiplanicie se ubica cercana a otras unidades correspondientes a la Cordillera Occidental (y sus cadenas de montañas, de dirección NO-SE) y hacia el Este por las estribaciones de la Cordillera Oriental, que emergen y forman escarpas y crestas de dirección NO-SE, hasta alturas de 4000 m.

1.6.2 Sub unidades Geomorfológicas

Las sub-unidades están representadas por las terrazas como resultado de las erosiones hídricas, los cuales son:

– Terraza de Jatopata

El primer subnivel de terraza del lado Oeste corresponde al sector de Jatopata, de superficie extensa y pendiente llana orientada de Norte a Sur, el trazo carretero en esta terraza tiene una longitud de 7 km.

– Terraza de Cojempati

El segundo subnivel del lado Oeste corresponde al sector de Cojempati, de similares características al anterior, y con una longitud del trazo carretero de 5.4 km.

– Terrazas de Achusito y Susumpati

Este tercer subnivel luego de una erosión en mas de 100 m. de altura es denominada como terraza de Achusito en el lado Este y terraza de Susumpati en el lado Oeste, esta última es mas baja que la del lado Este, el trazo carretero tiene una longitud de 10 km. sobre la terraza Susumpati y de 21 km. sobre la terraza Achusito.

1.7 GEOLOGÍA DEL TRAZO

Del mapeo geológico realizado en el tramo entre las localidades de Calapuja y Azángaro se ha identificado unidades litoestratigráficas que comprenden desde el período Devónico del Paleozoico hasta el Cuaternario reciente del Cenozoico, los mismos que se presentan en el plano geológico adjunto y se describen a continuación:

1.7.1 Unidades Geológicas

– Formación Azángaro (Q-az)

Fue descrito inicialmente por Newell (1949) como depósitos lacustrinos del río Azángaro. La litología de esta unidad consiste: la base es una arcilla gris azulada con abundantes fragmentos de plantas (hierbas), continúa limos laminados y areniscas de estratificación cruzada delgada, le sigue una arenisca calcárea prominente con 3 m. de espesor y fauna desecha de gasterópodos lamiibraquiso, continúa concreciones calcáreas irregulares y la cobertura es una arcilla roja y limo arcilloso rojizo.

El ambiente de deposición fue principalmente lacustrino, con márgenes fluviales teniendo su fuerza de entrada a los actuales cursos fluviales de Pucará y Azángaro.

Esta unidad tiene una amplia exposición en los tramos siguientes: lado Oeste del trazo entre las progresivas km. 30+000 al km. 46+580 final, cubiertas en gran parte por una delgada cobertura de aluviales.

– Depósito Aluvial (Q-al)

Esta unidad del Cuaternario Reciente se expone en las planicies como resultado de las entradas de ríos y consiste litológicamente de arena-limonosa, poco de arcilla y gravas de tamaño uniforme.

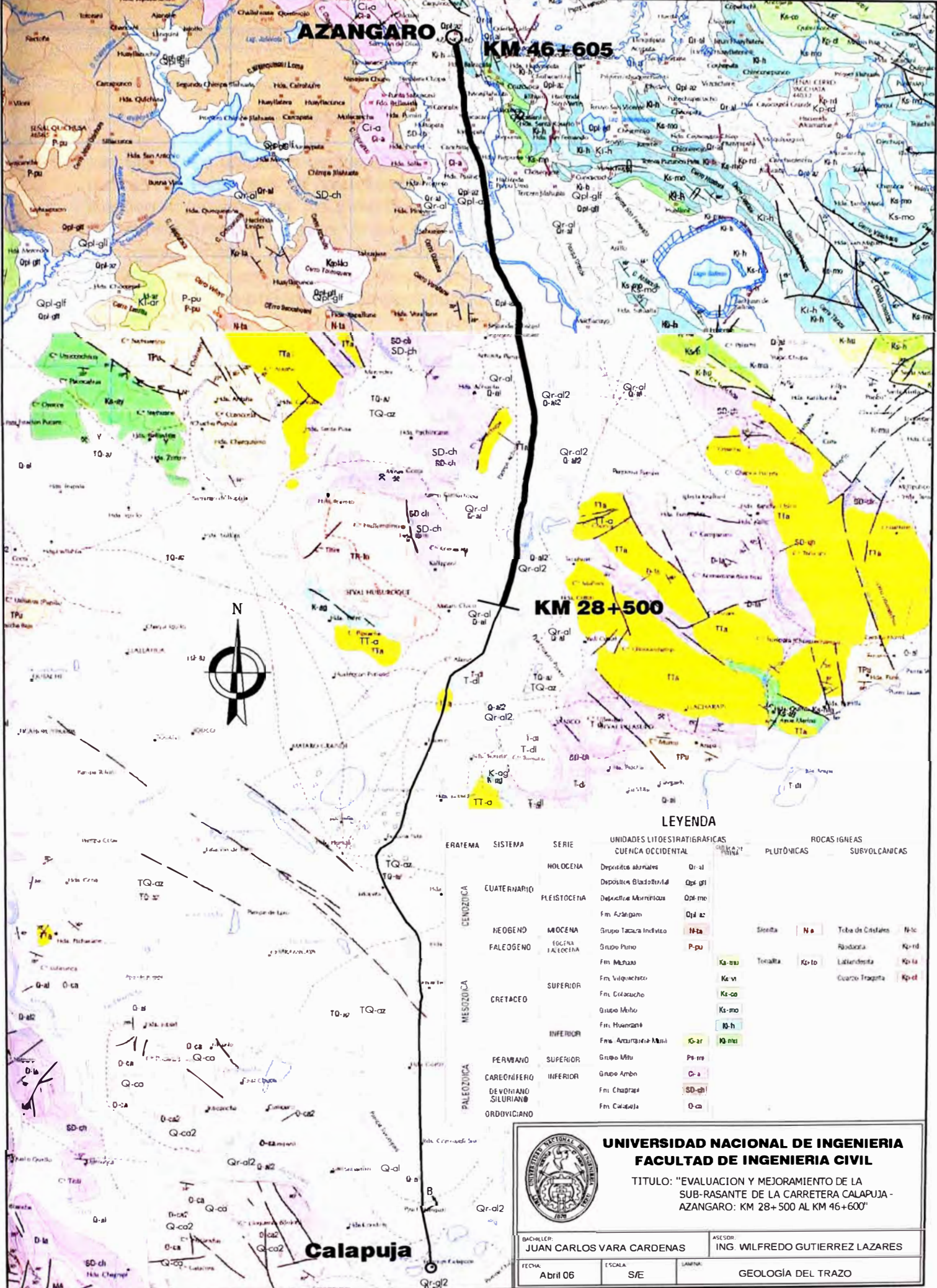
En el área del proyecto tienen su ocurrencia en dos tramos; en la margen derecha del río Pucará (Calapuja) km. 00+000 al km. 1+000, y entre Mataro Chico km. 25+700 hasta el lado este del cerro Kcenecata km. 28+700.

Depósito Fluvial (Q-fl)

El depósito reciente denominado fluvial se limita a los lechos de los ríos Pucará y Azángaro y a las quebradas que atraviesan al trazo carretero, consistente de una grava y arena limosa cuyos elementos fueron transportados por los ríos en períodos de fuerte precipitación pluvial.

– Intrusiones (ki-di)

Durante el Cretáceo inferior ocurrió intrusiones ácidas habiendo afectado a los estratos paleozoicos: Grupo Cabanillas y Ambo, consistente de una diorita muy compacta de textura afanítica y clara; tiene sus mejores afloramientos en dos tramos ubicados en el lado Norte respecto al trazo, estos son: Cerro Kcenecata km. 28+700 y otra a la altura del km. 43+000.



LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS CUENCA OCCIDENTAL	ROCAS IGNEAS PLUTÓNICAS	ROCAS IGNEAS SUBVOLCÁNICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depositos aluviales Qr-al		
		PLEISTOCENA	Depositos Glaciolaciales Qpl-gli		
CENOZOICA	NEOGENO	MIOCENA	Depositos Miocenos Opl-mo		
	FALEOGENO		Fm. Azángaro Qpl-az	Sienita N-a	Toba de Cristales N-b
MESOZOICA	CRETACEO	EGGUNA TALEOCHA	Grupo Puno P-pu	Tonalita Kp-to	Riadocera Kp-ri
			Fm. Mezau Ks-mz		Llanadenta Kp-la
			Fm. Volquetrero Ks-vl		Cuarzo Trágata Kp-ct
			Fm. Colacacho Ks-co		
PALEOZOICA	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mito Ks-mo		
			Fm. Huancabamba Ks-h		
			Fm. Aucarizaca Mita Ks-ar		
PALEOZOICA	CARBONIFERO	SUPERIOR	Grupo Ambo Ps-am		
	DEVONIANO SILURIANO	INFERIOR	Grupo Ambo Cr-a		
PALEOZOICA	ORDOVICIANO		Fm. Chapraes SD-ch		
			Fm. Calapuja O-ca		



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

TITULO: "EVALUACION Y MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO: KM 28+500 AL KM 46+600"

BACHILLER:	JUAN CARLOS VARA CARDENAS	ASESOR:	ING. WILFREDO GUTIERREZ LAZARES
FECHA:	Abril 06	ESCALA:	S/E
LAMINA:	GEOLOGIA DEL TRAZO		

1.7.2 Geología Estructural

Las diferentes unidades geológicas descritas tienen sus contactos sellados, es decir, que no indican la existencia de recientes movimientos de las rocas, en períodos anteriores si existieron movimientos tectónicos que coadyuvados con las intrusiones los estratos del Paleozoico fueron afectados, lo que si es evidente observar los buzamientos de los estratos que generalmente buzaban hacia el Oeste con ángulos de 40° a 50° (Cerro Cumparo y Mataro), en el Cerro Acuchupa existe un anticlinal con eje axial orientado de Norte a Sur cuyas alas tienen una inclinación de moderado a fuerte 45° O y 75° E debido a los esfuerzos compresionales.

Dentro de las unidades descritas no fue observada ninguna falla activa que describir, esto sugiere que el área del proyecto es relativamente estable (placa continental).

Estructuralmente, el área que comprende el tramo a ejecutarse se le considera estable, ya que no existe la presencia de fallas geológicas activas que puedan alterar la estructura actual y ocasionar problemas de geodinámica interna.

1.7.3 Sismicidad Regional

Históricamente en el área del proyecto no ocurrió sismos que hayan destruido edificios ni originado deslizamientos de tierras, sin embargo, este parámetro tiene sus manifestaciones en áreas fuera del proyecto consideradas como activas e inestables, las cuales son:

Por el lado Este, el área de Macusani-Ollachea con ocurrencia de sismos de intensidades de IV hasta VII en la escala de Mercalli Modificada (MM); por el lado Nor – Oeste, en el área comprendida entre Sicuani – Langui – Cuzco, es muy activa con ocurrencia de sismos de intensidades entre V a VII MM; por el Sur comprende la Costa del Pacífico desde Arica – Arequipa – Lima, es una área muy activa con sismos frecuentes de intensidades entre IV a IX MM; y finalmente por el lado Sur – Este está la zona de La Paz (Bolivia) con sismos de intensidades entre III hasta VII MM.

Estas cuatro áreas activas e inestables delimitan al área del proyecto y la ausencia de sismos entre las localidades de Calapuja y Azángaro, permiten definirla como una zona estable a los movimientos telúricos, lo que garantiza proyectar cualquier infraestructura vial.

1.8 ENFOQUE TEMÁTICO DEL PROBLEMA

1.8.1 Suelo de la Sub-rasante

La importancia de este material radica en la evaluación de su capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante, ya sea bajo cargas de tránsito o bajo la carga del terraplén. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, en lo referente a su resistencia como a sus variaciones de volumen (hinchamiento – retracción).

Es conveniente resaltar que para el presente estudio una de las causas de fallas que sufriría el pavimento es debido a una mala valoración de la sub-rasante, además de otros factores

tales como inundaciones, lluvias prolongadas y la insuficiencia en el drenaje tanto superficial como profundo.

En capítulos posteriores se demostrará que los suelos que conforman esta sub-rasante son en su mayoría suelos blandos, estos suelos presentan la desventaja de tener una baja resistencia y ser fácilmente deformables.

1.8.2 Suelos Blandos

Para nuestro caso los suelos arcillosos blandos compresibles son aquellos depósitos comunes en zonas de elevada precipitación y cercanos al río Azángaro y al lago Arapa, estos suelos se caracterizan principalmente por su alto contenido de humedad y bajas resistencias in-situ, lo que dificulta los procesos constructivos ya que no garantizan el mínimo apoyo para las estructuras previstas.

Las propiedades más importantes en este tipo de suelos son el peso específico, el contenido de agua, la permeabilidad, la resistencia al esfuerzo cortante y la compresibilidad. Por su alto contenido de humedad y por la dificultad en la obtención y labrado de los especímenes, en estos suelos deberán cuidarse especialmente todas las manipulaciones de muestreo y pruebas, a fin de obtener resultados concordantes.

De esta manera se procedió a la realización de la evaluación geotécnica de la vía, la cual persiguió los siguientes alcances:

- **Aspecto Geotécnico**

- Evaluación del espesor de capa de tierra vegetal, la misma que debe ser sustituida por materiales adecuados.
- Determinación de la capacidad resistente de la sub-rasante como futura capa de apoyo de los terraplenes, en comparación con lo contemplado en el Expediente Técnico. Evaluación y recomendaciones de los espesores de sustitución de suelos inadecuados.

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

Estudios Realizados

Para la realización del presente capítulo se ha dispuesto del documento "Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos. Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja – Azángaro. Tramo km. 28+500 – km. 46+605. Volumen I Memoria Descriptiva", aprobado el 20.09.2002 mediante R.D. N° 674-2002-MTC/15.17.

El Expediente Técnico original, ha sido elaborado por "Consultora e Inmobiliaria Volcán S.A." (1995), habiendo sido modificado por la Oficina de Control de Calidad DGC-MTC, en los capítulos de Suelos, Canteras, Fuentes de Agua, Diseño de Pavimentos, Hidrología y Drenaje.

La finalidad de este capítulo es dar a conocer los métodos, procedimientos y resultados obtenidos en la etapa de estudio del proyecto, para finalmente analizar las deficiencias y omisiones a ciertos aspectos relevantes para el diseño de la estructura del terraplén y del pavimento mismo.

2.1 ESTUDIO DE SUELOS

La metodología comprendió básicamente una investigación de campo a lo largo de la zona en estudio, mediante pozos exploratorios, con la obtención de muestras representativas en cantidades suficientes, las que fueron objeto de ensayos de laboratorio y finalmente con los datos obtenidos en ambas fases se realizaron las labores de gabinete, para consignar luego en forma escrita los resultados del estudio.

A continuación se procede a describir el trabajo desarrollado en cada una de las de las tres etapas anteriormente mencionadas.

a. Trabajo de Campo

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub-rasante, se llevaron a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.50 m de profundidad cada 250 m.

El criterio para la ubicación de calicatas se ha conceptualizado bajo la premisa de que estas permitan definir el perfil estratigráfico del tramo de la carretera en estudio.

De los materiales representativos encontrados en las calicatas se obtuvo muestras selectivas, las mismas que fueron descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación, número de muestra y profundidad. Luego colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio.

Durante la ejecución de las investigaciones de campo, se llevó un registro en el que se anotó el espesor de cada uno de los estratos del subsuelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales.

b. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos que se ejecutaron a estas muestras representativas son los siguientes:

Ensayos Estándar

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422)
- Constantes físicas
 - Límite Líquido (ASTM D-423)
 - Límite Plástico (ASTM D-424)
 - Índice de plasticidad
- Humedad natural (ASTM D-2216)

Ensayos Especiales

- Ensayo Proctor Modificado (ASTM D-1557)
- Ensayo de C.B.R. (ASTM D-1883)

c. Labores de Gabinete

En base a la información obtenida, durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio se efectuó la clasificación de suelos de los materiales, para ello se han utilizado los sistemas SUCS y AASHTO para luego correlacionarlos de acuerdo a las características litológicas similares, la cual se consigna en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.1
Resultados de Ensayos de Laboratorio – Expediente Técnico

Km	Prof.	SUCS	AASHTO	LL	IP	Humedad	% pasa # 200	ENSAYO C.B.R			
								95%	100%	OCH	MDS
28+500	0.20	GM	A-1-b (0)	21%	NP	3.2%	17.0%				
	1.20	ML	A-4 (0)	22%	NP	10.2%	74.0%				
	1.50	CL	A-4 (6)	24%	10%	21.2%	87.0%				
28+750	0.20	GW-GM	A-1-a (0)	19%	NP	4.7%	12.0%				
	1.50	CL	A-4 (4)	29%	10%	12.9%	66.0%				
29+000	0.20	GM	A-1-b (0)	22%	NP	5.2%	16.0%				
	1.50	SM	A-4 (0)	22%	NP	9.2%	36.0%	10.3%	20.4%	12.0%	1.956
29+250	0.20	GM	A-1-b (0)	21%	NP	4.6%	19.0%				
	0.70	SM-SC	A-4 (0)	18%	5%	10.9%	44.0%				
	1.20	SP-SM	A-1-b (0)	18%	NP	9.2%	7.0%				
	1.50	SM	A-2-4 (0)	18%	NP	11.5%	30.0%				

Km	Prof.	SUCS	AASHTO	LL	IP	Humedad	% pasa # 200	ENSAYO C.B.R			
								95%	100%	OCH	MDS
29+500	0.20	GM	A-1-b (0)	23%	NP	3.6%	19.0%				
	0.70	SM-SC	A-4 (0)	20%	5%	9.1%	44.0%				
	1.50	SP-SM	A-1-b (0)	17%	NP	11.3%	7.0%				
29+750	0.20	GM	A-1-b (0)	21%	NP	3.2%	17.0%				
	0.60	SM-SC	A-4 (0)	20%	6%	8.9%	42.0%				
	1.50	SP-SM	A-1-b (0)	17%	NP	10.5%	7.0%				
30+000	0.20	GM	A-1-b (0)	20%	NP	4.5%	19.0%				
	0.80	CL	A-7-6 (26)	45%	25%	9.3%	95.0%				
	1.50	SP	A-3 (0)	--	NP	12.3%	3.0%	11.4%	22.1%	14.4%	1.811
30+250	0.25	SM	A-1-b (0)	20%	NP	3.4%	13.0%				
	1.10	CL	A-6 (10)	32%	11%	10.9%	95.0%				
	1.50	SM	A-4 (0)	24%	NP	10.2%	44.0%				
30+500	0.20	SM	A-1-b (0)	20%	NP	2.9%	14.0%				
	0.30	GW-GM	A-1-a (0)	--	NP	7.9%	7.0%				
	0.80	CL	A-6 (12)	33%	12%	14.3%	95.0%				
	1.50	ML-CL	A-4 (4)	23%	7%	23.3%	90.0%				
30+750	0.20	SP-SM	A-1-b (0)	19%	NP	6.8%	12.0%				
	1.10	CL	A-7-6 (26)	45%	25%	9.3%	96.0%				
	1.50	CL	A-4 (7)	26%	10%	19.1%	88.0%				
31+000	0.20	GC	A-2-4 (0)	24%	8%	3.8%	17.0%				
	1.30	CL	A-7-6 (25)	44%	25%	8.6%	95.0%				
	1.50	ML	A-4 (0)	26%	NP	12.6%	78.0%				
31+250	0.20	GC	A-2-4 (0)	23%	8%	4.9%	17.0%				
	1.10	CL	A-7-6 (24)	45%	24%	7.9%	94.0%				
	1.50	ML	A-4 (0)	24%	NP	11.6%	75.0%				
31+500	0.20	GC	A-2-4 (0)	24%	8%	2.9%	16.0%				
	0.80	CL	A-7-6 (23)	45%	24%	7.9%	91.0%				
	1.50	ML-CL	A-4 (3)	21%	6%	19.4%	95.0%				
31+750	0.20	GC	A-2-4 (0)	26%	8%	2.9%	17.0%				
	1.10	CL	A-6 (12)	33%	12%	23.7%	95.0%				
	1.50	ML-CL	A-4 (3)	21%	6%	19.4%	92.0%				
32+000	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	26%	7%	4.1%	18.0%				
	0.80	CL	A-6 (11)	34%	12%	19.1%	92.0%				
	1.30	ML-CL	A-4 (3)	23%	6%	19.4%	91.0%				
	1.50	SP-SM	A-3 (0)	--	NP	5.3%	5.0%				
32+250	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	27%	7%	2.3%	19.0%				
	1.40	CL	A-6 (11)	34%	12%	11.6%	92.0%				
	1.50	ML	A-4 (0)	20%	NP	14.5%	77.0%				
32+500	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	26%	7%	4.1%	20.0%				
	0.70	CL	A-7-6 (26)	47%	25%	7.5%	95.0%				
	1.50	ML-CL	A-4 (3)	22%	6%	12.3%	92.0%	5.7%	11.8%	12.0%	1.898
32+750	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	25%	7%	4.5%	20.0%				
	1.10	CL	A-7-6 (24)	48%	25%	8.2%	89.0%				
	1.50	ML-CL	A-4 (3)	23%	6%	13.5%	87.0%				

Km	Prof.	SUCS	AASHTO	LL	IP	Humedad	% pasa # 200	ENSAYO C.B.R			
								95%	100%	OCH	MDS
33+000	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	26%	7%	3.6%	19.0%				
	0.70	CL	A-7-6 (23)	47%	25%	8.6%	87.0%				
	0.90	ML	A-4 (0)	25%	NP	11.9%	75.0%				
	1.20	SP-SM	A-1-a (0)	--	NP	12.9%	7.0%				
	1.50	SP	A-3 (0)	--	NP	16.3%	4.0%				
33+250	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	27%	7%	4.2%	20.0%				
	1.30	CL	A-7-6 (24)	46%	25%	7.3%	89.0%				
	1.50	ML-CL	A-4 (3)	22%	6%	20.1%	90.0%				
33+500	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	28%	7%	3.9%	21.0%				
	1.30	CL	A-7-6 (24)	44%	24%	16.9%	93.0%				
	1.50	CL	A-4 (6)	24%	9%	15.3%	91.0%				
33+750	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	27%	7%	3.3%	22.0%				
	0.70	CL	A-7-6 (23)	46%	25%	6.5%	88.0%				
	1.50	CL	A-7-6 (24)	46%	22%	16.2%	97.0%				
34+000	0.20	SM-SC	A-1-b (0)	26%	6%	3.7%	19.0%				
	0.70	CL	A-7-6 (24)	46%	24%	16.9%	91.0%				
	1.50	CL	A-6 (13)	38%	18%	19.1%	79.0%	4.1%	9.5%	11.7%	1.965
34+250	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	27%	7%	3.3%	22.0%				
	1.30	CH	A-7-6 (37)	62%	33%	16.8%	95.0%				
	1.50	SP-SM	A-1-a (0)	18%	3%	9.1%	10.0%				
34+500	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	26%	7%	4.5%	16.0%				
	0.80	CH	A-7-6 (36)	62%	33%	15.3%	94.0%				
	1.50	CL	A-4 (5)	29%	10%	11.9%	67.0%				
34+750	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	27%	7%	3.8%	15.0%				
	0.60	CH	A-7-6 (36)	62%	33%	15.3%	94.0%				
	1.50	CL	A-6 (16)	37%	19%	17.2%	87.0%	3.7%	7.2%	13.8%	1.903
35+000	0.20	SM-SC	A-2-4 (0)	26%	7%	3.1%	17.0%				
	0.80	CH	A-7-6 (36)	61%	33%	11.6%	94.0%				
	1.50	CL	A-6 (12)	37%	18%	16.0%	76.0%				
35+250	0.20	SM-SC	A-2-4 (0)	25%	7%	4.0%	17.0%				
	1.50	CL	A-4 (4)	29%	10%	14.1%	64.0%				
35+500	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	25%	7%	3.3%	20.0%				
	0.70	CH	A-7-6 (36)	60%	33%	13.6%	95.0%				
	1.50	CL	A-6 (11)	34%	15%	14.9%	82.0%				
35+750	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	26%	7%	4.2%	21.0%				
	0.90	CH	A-7-6 (37)	61%	33%	15.3%	96.0%				
	1.50	CL	A-4 (4)	27%	10%	11.3%	66.0%				
36+000	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	27%	7%	4.9%	20.0%				
	0.70	CH	A-7-6 (37)	62%	33%	23.0%	95.0%				
	1.50	CL	A-6 (11)	34%	15%	16.0%	82.0%	2.8%	6.7%	13.1%	1.939
36+250	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	25%	7%	5.2%	20.0%				
	0.90	CH	A-7-6 (38)	59%	33%	13.6%	98.0%				
	1.40	CL	A-4 (5)	27%	10%	15.2%	74.0%				
	1.50	SP-SM	A-1-a (0)	20%	NP	13.7%	11.0%				

Km	Prof.	SUCS	AASHTO	LL	IP	Humedad	% pasa # 200	ENSAYO C.B.R			
								95%	100%	OCH	MDS
36+500	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	26%	7%	4.1%	21.0%				
	0.70	CH	A-7-6 (37)	60%	33%	19.3%	96.0%				
	1.40	CL	A-6 (11)	34%	15%	17.0%	83.0%				
	1.50	SP-SM	A-3 (0)	--	NP	8.2%	5.0%				
36+750	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	27%	7%	3.1%	19.0%				
	1.30	CH	A-7-6 (35)	58%	33%	15.3%	94.0%				
	1.50	ML-CL	A-4 (2)	23%	6%	11.0%	76.0%	6.9%	13.8%	14.3%	1.883
37+000	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	26%	7%	3.2%	19.0%				
	0.70	CH	A-7-6 (36)	62%	33%	19.2%	94.0%				
	1.50	CL	A-4 (4)	27%	10%	11.3%	65.0%				
37+250	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	27%	7%	4.8%	21.0%				
	0.60	GW	A-1-a (0)	--	NP	2.1%	1.0%				
	1.50	CL	A-6 (11)	32%	12%	9.5%	94.0%				
37+500	0.20	GM-GC	A-2-4 (0)	25%	7%	4.9%	21.0%				
	0.80	CL	A-7-6 (26)	46%	25%	10.6%	95.0%				
	1.40	CL	A-4 (7)	29%	10%	20.1%	86.0%				
	1.50	CL	A-4 (5)	30%	10%	27.5%	65.0%				
37+750	0.50	SP-SM	A-1-b (0)	19%	NP	13.6%	12.0%				
	0.80	CL	A-6 (11)	32%	12%	9.5%	93.0%				
	1.50	CL	A-4 (6)	24%	9%	12.6%	91.0%	4.4%	8.6%	12.7%	1.981
38+000	0.20	SP-SM	A-1-b (0)	20%	NP	12.1%	12.0%				
	0.70	CH	A-7-6 (32)	62%	33%	16.2%	85.0%				
	1.50	CL	A-7-6 (26)	45%	26%	11.6%	95.0%				
38+250	0.20	SM	A-1-b (0)	20%	NP	12.1%	17.0%				
	1.50	CH	A-7-6 (37)	62%	33%	16.2%	95.0%				
38+500	0.20	SM	A-1-b (0)	19%	NP	9.2%	18.0%				
	0.70	CH	A-7-6 (37)	60%	33%	15.3%	96.0%				
	1.50	CL	A-7-6 (27)	46%	25%	4.9%	97.0%				
38+750	0.20	SM	A-1-b (0)	20%	NP	7.2%	20.0%				
	0.60	CH	A-7-6 (38)	61%	33%	14.2%	98.0%				
	1.20	CL	A-7-6 (27)	45%	25%	10.0%	98.0%				
	1.50	SM-SC	A-4 (0)	20%	5%	18.3%	44.0%				
39+000	0.20	SM	A-1-b (0)	22%	NP	5.1%	20.0%				
	0.90	CL	A-4 (8)	29%	10%	17.9%	87.0%				
	1.50	CH	A-7-6 (36)	58%	33%	19.2%	95.0%				
39+250	0.20	GM	A-1-b (0)	22%	NP	4.2%	17.0%				
	1.00	CL	A-4 (8)	30%	10%	11.6%	85.0%				
	1.50	CH	A-7-6 (35)	58%	33%	15.6%	93.0%				
39+500	0.20	GM	A-1-b (0)	21%	NP	3.1%	18.0%				
	0.80	CL	A-6 (8)	31%	14%	15.2%	72.0%				
	1.50	GW-GM	A-1-a (0)	--	NP	12.4%	9.0%				
39+750	0.20	GM	A-1-a (0)	20%	NP	2.5%	13.0%				
	1.10	CL	A-4 (6)	24%	10%	21.2%	85.0%				
	1.50	SP	A-3 (0)	--	NP	4.1%	3.0%				

Km	Prof.	SUCS	AASHTO	LL	IP	Humedad	% pasa # 200	ENSAYO C.B.R			
								95%	100%	OCH	MDS
40+000	0.20	GM	A-1-b (0)	20%	NP	2.8%	16.0%				
	0.80	CL	A-6 (10)	32%	12%	9.5%	91.0%				
	1.50	SM	A-4 (0)	--	NP	10.2%	40.0%				
40+250	0.20	GW-GM	A-1-a (0)	19%	NP	3.2%	12.0%				
	0.40	CL	A-6 (11)	33%	12%	14.3%	92.0%				
	1.40	SM	A-4 (0)	--	NP	10.2%	42.0%				
40+500	1.50	CL	A-4 (7)	25%	10%	15.4%	94.0%	4.5%	10.8%	10.7%	1.936
	0.30	GP-GM	A-1-a (0)	19%	NP	11.3%	12.0%				
	1.00	CL	A-6 (11)	32%	12%	9.5%	93.0%				
	1.40	CL	A-4 (7)	28%	10%	22.1%	88.0%				
40+750	1.50	SP	A-3 (0)	--	NP	4.1%	2.0%				
	0.30	GP-GM	A-1-a (0)	19%	NP	9.2%	9.0%				
	0.70	CH	A-7-6 (37)	62%	33%	16.8%	95.0%				
	1.00	CL	A-4 (7)	29%	10%	21.2%	86.0%				
41+000	1.30	SP	A-2-4 (0)	12%	9.5%	9.5%	4.0%				
	1.50	CL	A-4 (7)	29%	10%	21.2%	86.0%				
	0.30	GP-GM	A-1-a (0)	18%	NP	9.9%	6.0%				
	1.00	CL	A-4 (7)	28%	10%	21.2%	86.0%				
41+250	1.15	SM	A-4 (0)	24%	NP	10.2%	41.0%				
	1.50	SM	A-4 (0)	25%	NP	16.2%	42.0%				
	0.20	GP-GM	A-1-a (0)	19%	NP	5.1%	8.0%				
	0.70	CL	A-4 (7)	29%	10%	18.9%	84.0%				
41+500	1.30	SM	A-4 (0)	25%	NP	10.2%	44.0%				
	1.50	SM	A-4 (0)	29%	NP	17.3%	45.0%				
	0.30	GP	A-1-a (0)	--	NP	7.9%	3.0%				
41+750	1.30	SM	A-4 (0)	--	NP	10.2%	42.0%				
	1.50	CL	A-6 (10)	29%	11%	26.8%	97.0%				
	0.30	GW-GM	A-1-a (0)	--	NP	5.2%	5.0%				
42+000	0.70	SM	A-2-4 (0)	24%	NP	8.6%	35.0%				
	1.50	SM	A-4 (0)	30%	NP	13.5%	45.0%				
	0.20	GW-GM	A-1-a (0)	17%	NP	3.6%	10.0%				
42+250	1.10	CL	A-6 (10)	31%	11%	8.9%	95.0%				
	1.50	SM	A-4 (0)	30%	NP	13.5%	49.0%				
	0.20	GP-GM	A-1-a (0)	18%	NP	4.6%	12.0%				
42+500	1.30	CL	A-6 (9)	29%	11%	8.9%	89.0%				
	1.50	SP-SM	A-3 (0)	--	NP	5.2%	5.0%				
	0.20	GM	A-1-a (0)	19%	NP	4.2%	15.0%				
42+750	1.00	CL	A-6 (9)	29%	11%	10.3%	92.0%				
	1.50	SP-SM	A-3 (0)	--	NP	11.3%	7.0%				
	0.20	GM	A-1-b (0)	17%	NP	5.7%	17.0%				
43+000	1.10	CL	A-4 (6)	30%	10%	12.4%	90.0%				
	1.50	GP-GM	A-1-a (0)	--	NP	6.7%	7.0%				
	0.20	GM	A-1-b (0)	18%	NP	4.6%	18.0%				
43+000	1.10	CL	A-4 (8)	29%	10%	10.7%	92.0%				
	1.50	GP-GM	A-1-a (0)	--	NP	11.2%	5.0%				

Km	Prof.	SUCS	AASHTO	LL	IP	Humedad	% pasa # 200	ENSAYO C.B.R			
								95%	100%	OCH	MDS
43+250	0.80	ML-CL	A-4 (4)	26%	6%	17.1%	89.0%				
	1.20	CL	A-4 (7)	29%	10%	23.0%	85.0%				
	1.50	ROCA					ROCA				
43+500	1.00	CL	A-6 (7)	29%	11%	27.6%	80.0%				
	1.50	SP	A-3 (0)	--	NP	8.2%	4.0%				
43+750	0.50	ML	A-4 (0)	25%	NP	8.7%	75.0%				
	1.40	SP-SM	A-3 (0)	--	NP	10.3%	5.0%				
	1.50	GP-GM	A-1-a (0)	17%	NP	6.6%	7.0%				
44+000	1.50	SM	A-4 (0)	--	NP	10.2%	49.0%				
44+250	1.50	ML	A-4 (0)	20%	NP	14.5%	75.0%				
44+500	1.00	ML	A-4 (0)	20%	NP	14.5%	76.0%				
	1.50	GP-GM	A-1-a (0)	18%	NP	3.3%	6.0%				
44+750	1.50	CL	A-6 (18)	36%	18%	6.2%	97.0%	2.4%	6.6%	14.6%	1.890
45+000	0.20	GM	A-1-a (0)	18%	NP	3.6%	15.0%				
	1.40	ML	A-4 (0)	--	NP	6.9%	78.0%				
	1.50	SP	A-3 (0)	--	NP	8.9%	1.0%				
45+250	0.20	SM	A-1-b (0)	19%	NP	2.9%	18.0%				
	1.50	ML	A-4 (0)	20%	NP	14.5%	77.0%				
45+500	0.20	SM	A-1-b (0)	19%	NP	4.8%	20.0%				
	1.50	CL	A-7-6 (24)	45%	25%	9.3%	92.0%				
45+750	0.20	SM	A-1-b (0)	18%	NP	3.8%	18.0%				
	1.30	CL	A-7-6 (24)	46%	25%	8.6%	91.0%				
	1.50	SP	A-3 (0)	--	NP	4.1%	1.0%				
46+000	1.10	CL	A-7-6 (23)	44%	25%	10.2%	90.0%				
	1.20	SP-SM	A-3 (0)	--	NP	6.2%	5.0%				
	1.50	CL	A-4 (8)	29%	10%	21.2%	88.0%				
46+250 Derecha	0.50	CL	A-7-6 (23)	44%	25%	10.2%	89.0%				
	1.10	ML	A-4 (0)	20%	NP	14.5%	59.0%				
	1.50	SP	A-3 (0)	--	NP	5.2%	4.0%				
46+250 Izquierda	1.00	CL	A-7-6 (23)	44%	25%	8.9%	87.0%				
	1.50	ML	A-4 (0)	31%	NP	10.3%	59.0%	5.6%	11.3%	12.7%	1.850
46+580 Izquierda	0.40	CL	A-7-6 (23)	44%	25%	10.2%	88.0%				
	1.10	CL	A-6 (10)	32%	12%	9.5%	91.0%				
	1.50	SP	A-3 (0)	--	NP	11.3%	4.0%				
48+580 Derecha	0.80	CL	A-7-6 (17)	42%	25%	8.3%	74.0%				
	1.50	CL	A-6 (10)	32%	12%	14.9%	91.0%				

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja Azángaro, Tramo km 28+500 – km 46+605, Vol. 1 Memoria Descriptiva, Estudio de Suelos, Canteras y Pavimento. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos, Set 02

2.1.1 Descripción de los suelos de fundación

La zona en estudio presenta suelos de fundación predominantemente finos (arcillas, limos, arcillas limosas, arenas limosas, arenas limo arcillosas y pobremente graduadas) así como gravas que contienen limo y arcilla, las proporciones en las que estos se encontraron son las siguientes:

Cuadro 2.2
Tipos de suelos de fundación

Suelos	%
CL, CH	40%
ML, ML-CL	10%
SM, SP, SP-SM, SM-SC	24%
GM, GC, GM-GC	19%
GW-GM, GP-GM	7%

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja Azángaro, Tramo km 28+500 – km 46+605, Vol. 1 Memoria Descriptiva, Estudio de Suelos, Canteras y Pavimento. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos, Set 02

Realizado el análisis granulométrico se ha clasificado una variedad de suelos, los cuales tienen las siguientes características:

Entre las progresivas km. 28+500 al km. 37+500 existe presencia de gravas y arcillas en estratos superiores, y en las inferiores arcillas de baja compresibilidad y de alta plasticidad entre el km. 34+250 al km. 37+000, la misma que se vuelve a presentar en el tramo km. 38+000 al km. 39+250.

A partir de la progresiva km. 37+500 al km. 39+000 se tiene presencia de arenas limosas.

- De la progresiva km. 39+000 hasta el km. 43+000 se tiene un primer estrato de gravas limosas y en estratos inferiores arcillas de baja compresibilidad.

Las descripciones detalladas corresponden a resultados del Estudio de Suelos realizado por parte de la Oficina de Control de Calidad del MTC.

2.1.2 Capacidad de soporte (C.B.R.) de la sub-rasante

Debido a que el proyecto se encuentra en una zona fácilmente inundable se ha considerado la elevación de la sub-rasante mediante rellenos, prácticamente en la totalidad del tramo en estudio, por lo que se empleará para el Diseño del Pavimento el valor de la Capacidad de Soporte del material de préstamo para lo cual se han efectuado los ensayos de California Bearing Ratio (C.B.R.) a las muestras de dicho material los que arrojaron los siguientes resultados:

Cuadro 2.3
Valores de C.B.R. de material de préstamo

Cantera	Ubicación	Tipo de Suelo	CBR (95% MDS)
Azángaro Entrada Izquierda	km. 46+580	GC	33.1
Azángaro Entrada Derecha	km. 46+580	GP-GC	35.7
Azángaro Zona INA 21	km. 46+580	GM-GC	40.1

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja Azángaro, Tramo km 28+500 – km 46+605, Vol. 1 Memoria Descriptiva, Estudio de Suelos, Canteras y Pavimento. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos, Set 02

Por lo tanto para el diseño de pavimento se tomó como C.B.R. de la subrasante el valor de **33.1%**.

2.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO

La superficie de rodadura tendrá como principal función la de proporcionar una superficie uniforme de textura apropiada, resistente a la acción del tránsito, intemperismo y de otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente al terreno de fundación, los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

La superficie de rodadura propiamente dicha (carpeta asfáltica, tratamiento superficial o capa de material granular) debe elegirse de acuerdo a la disponibilidad de los materiales, experiencias locales en construcción y a las condiciones específicas de cada caso. De acuerdo a las consideraciones expuestas para el presente estudio, la alternativa a considerarse como superficie de rodadura para la estructura del Pavimento es a nivel de carpeta asfáltica en caliente.

2.2.1 Análisis de tráfico

Debido a que la construcción de la carretera se efectuó por etapas, y dado que las proyecciones de tráfico son calculadas considerando la puesta en servicio del total del proyecto, se ha tenido a bien tomar como referencia la proyección de tráfico adoptada para el estudio del tramo: km. 25+500 – km. 30+000, efectuado con fecha de agosto del 2001.

$$\text{EAL}_{(8.2 \text{ tn})} = 4.4 \times 10^6 \text{ repeticiones}$$

Con fecha junio del 2004 se realizó un estudio de tráfico post obra, como verificación del estudio realizado en la etapa de proyecto, de este estudio se determinó un IMD igual a 478, con el cual se obtiene un EAL de 1.8×10^6 repeticiones, según se presenta en el anexo 1: Estudio de Tráfico Post – Obra.

El valor obtenido de este estudio es menor que el utilizado para el diseño del pavimento en la etapa de diseño, por lo que se podría considerar que no hubo variación en el flujo vehicular en el área del proyecto.

2.2.2 Método de la AASHTO

La versión de la AASHTO 86 y 93 hace modificaciones en su metodología afectando los factores de aporte estructural de las capas granulares por coeficientes de drenaje, los que reemplazan al factor regional utilizado en versiones anteriores, por otro lado se sigue utilizando en su mismo concepto el Tráfico, Índice de Serviciabilidad y tipo de suelo de fundación (Módulo Resiliente). La metodología AASHTO es bien aceptada a nivel mundial, ya que se basa en valiosa información experimental y determina un Número Estructural (SN) requerido por el pavimento a fin de soportar el volúmen de tránsito satisfactoriamente durante su periodo de diseño.

Dentro de las consideraciones del método se indican las siguientes:

- El Índice de Serviciabilidad final de diseño, el cual debe ser tal que, culminado el periodo de vida proyectado, la vía (superficie de rodadura) ofrezca una adecuada serviciabilidad.
- El diseño considera un contenido de humedad igual a la condición más humedad que pueda ocurrir en la subrasante luego que la vía se abra al tráfico.
- El Coeficiente de Drenaje ha reemplazado al Factor Regional y es introducido para el cálculo del Número Estructural; estos coeficientes son considerados de acuerdo a las propiedades de los materiales granulares que serán utilizados, para ello la AASHTO recomienda los rangos de calidad donde se clasifican estos materiales.

Para el diseño estructural se aplicó el método AASHTO 93, dado que este método contempla el empleo del parámetro Modulo Resiliente en reemplazo del CBR, se ha aplicado las correlaciones apropiadas, establecidas en el mismo AASHTO y en otras investigaciones para su determinación. Es así que se calculó un Módulo Resiliente representativo, en base al valor de CBR= 33.1%, definido en el ítem 2.1.2.

Cuadro 2.4
Parámetros para el diseño estructural del pavimento

Parámetros	Nomenclatura	Valores
Módulo Resiliente	Mr	20766 psi
Número de Ejes Equivalentes	EAL (8.2 tn)	4.4 x 10 ⁶
Standard Normal Deviate	ZR	-1.282
Overall Standard Deviation	S ₀	0.45
Serviciabilidad Inicial	Pi	3.5
Serviciabilidad Final	Pt	2.0
Coeficiente Estructural de C.A.	A ₁	0.17
Coeficiente Estructural de B.G.	A ₂	0.06
Coeficiente Estructural de S.B.G.	A ₃	0.045
Coeficiente de Drenaje B.G.	M ₂	0.9
Coeficiente de Drenaje S.B.G.	M ₃	0.9

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja Azángaro, Tramo km 28+500 – km 46+605, Vol. 1 Memoria Descriptiva, Estudio de Suelos, Canteras y Pavimento. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos, Set 02

Aplicando el nomograma y/o la ecuación de diseño, se obtiene para los parámetros indicados un número estructural (SN) igual a **3.06**, a partir del cual se obtiene la siguiente estructuración del Pavimento Flexible:

Estructura	Espesores (cm)
Carpeta Asfáltica	7.50
Base Granular	15.0
Sub Base Granular	20.0

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja Azángaro, Tramo km 28+500 – km 46+605, Vol. 1 Memoria Descriptiva, Estudio de Suelos, Canteras y Pavimento. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos, Set 02

2.2.3 Elevación de la sub-rasante

Considerando que la vía mayormente se emplaza en una zona llana sujeta a inundaciones de aguas pluviales, fue necesario proteger el pavimento de la influencia de la humedad, por lo tanto, se elevó el nivel de la sub-rasante respecto al nivel del terreno natural, en las progresivas y alturas mínimas que se indican:

Cuadro 2.5
Alturas de terraplén

Progresivas (km)	Altura (m)	Observación
28+500 – 28+950	0.80	
28+950 – 30+000	1.00	
30+000 – 37+500	1.00	
38+000 – 39+500	1.20	
39+500 – 42+900	1.00	
42+900 – 43+000	0.50	
43+400 – 43+760	1.50	Variable
43+900 – 44+180	2.50	Variable
44+240 – 44+850	1.00	
45+040 – 45+500	0.80	
45+500 – 46+040	0.80	

Fuente: Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja Azángaro, Tramo km 28+500 – km 46+605, Vol. 1 Memoria Descriptiva, Estudio de Suelos, Canteras y Pavimento. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos, Set 02

2.3 ANÁLISIS Y COMENTARIOS A LOS ESTUDIOS REALIZADOS

2.3.1 Comentarios a la Memoria Descriptiva

Indica el Expediente Técnico que el tramo en estudio, es una trocha carrozable, prácticamente intransitable durante el régimen anual de lluvias, con un alineamiento que siguió básicamente un camino de herradura. El nivel de la rasante actual es a nivel con el terreno natural.

Se indica así mismo que, en la actualidad, la vía no presenta mayor infraestructura que la ejecutada durante el periodo 1997 – 2001, además de la realizada al aperturar la vía, que consistió en una eliminación de la vegetación existente y posterior lastrado con material de la zona. No presenta obras de infraestructura rescatables. Indica que " *en forma práctica*

se concluye que no existe ninguna capa estructural que se clasifique como pavimento, son zonas aisladas lastradas y/o arenosas. Su comportamiento se ve degradado por la falta total de mantenimiento y por el empleo de materiales con muchos finos en el lastrado”¹

En resumen, el Expediente Técnico indica que “ en el contexto general, el estudio debe ser considerado como una obra nueva en toda su integridad, ya que ninguna estructura es rescatable”²

2.3.2 Comentarios al Estudio Geotécnico

La investigación de campo, en su fase inicial, ha sido efectuada a base de 75 calicatas, ejecutadas cada 250 m y con profundidades de alrededor 1.5 m. Los ensayos de laboratorio ejecutados sobre las muestras extraídas de las calicatas, han sido los siguientes:

Ensayos de Laboratorio

Tipo	Normativa	Número
Análisis Granulométrico por tamizado	ASTM D-422	215
Límite Líquido	ASTM D-423	215
Límite Plástico	ASTM D-424	215
Humedad Natural	ASTM D-2216	215
Proctor Modificado	ASTM D-1557	11
C.B.R.	ASTM D-1883	11

Se incluye en el Expediente Técnico, registros de Ensayos de Laboratorio sobre las muestras extraídas de las calicatas. Resumen de las mismas se muestra en el Cuadro 2.1 “Resultados de Ensayos de Laboratorio – Expediente Técnico”, adjunto.

De acuerdo con el Expediente Técnico, los suelos de fundación estarían formados predominantemente por suelos finos (arcillas, limos, arcillas limosas, arenas limosas, arenas limo arcillosas), así como gravas que contienen limo y arcilla, en las siguientes proporciones:

Tipos de Suelos de Fundación

Suelos	%
CL, CH	40%
ML, CL-ML	10%
SM, SP, SP-SM, SM-SC	24%
GM, GC, GM-GC	19%
GW-GM, GP-GM	7%

Cabe mencionar que el cuadro anterior, se refiere a los tipos de suelos del estrato superficial. Por otro lado, en la fecha de ejecución del Estudio (periodo de estiaje), no se detectó presencia de nivel freático hasta la profundidad de prospección (aprox. 1.5 m). No

¹ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Expediente Técnico “Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja – Azángaro Tramo Km 28+500 – Km 46+605”, Volumen I: Memoria Descriptiva, 2002, p. 7.

² *Idem*, p. 6.

hace mención ni comentario respecto de las características y potencia de la capa superior de tierra vegetal.

Asimismo en el estudio realizado no se hace un análisis de las características del suelo de fundación con respecto a su resistencia y asentamiento que pudiese tener al aplicársele la carga del terraplén, ya que como se muestra en el cuadro un buen porcentaje del suelo de cimentación es fino y además presenta las características de un suelo blando.

De acuerdo con Rico & Del Castillo, indica que *“El primer requisito para superar este tipo de problemas es, naturalmente, el detectarlos y ello debe suceder en la etapa del proyecto, antes de que se produzcan costosos daños a la vía terrestre y en momentos en que el ingeniero conserva toda su libertad de acción, incluyendo la capacidad de estudiar un cambio de trazo que lo aleje de la zona que se releve como crítica. Pero una vez que por cualquier razón se decida a arrostrar los peligros y altos costos que significa cruzar una zona de suelos blandos, el ingeniero debe comprender que casi todos los métodos de proyecto y construcción de que dispondrá requieren de un buen conocimiento de las características de compresibilidad y resistencia de los suelos sobre los que se construirá la vía, así como de los que se utilizarán en la formación de la misma. Así, este es un caso que debe verse como especial en lo que se refiere a exploración de suelos y pruebas de laboratorio, en el que se justificará el uso de los métodos mas delicados para obtener muestras inalteradas y el desarrollo de programas completos de pruebas de laboratorio, que incluyan pruebas de consolidación y triaxiales”*.³

Concluye el Expediente Técnico que *“ la subrasante de la vía será elevada 90 cm. en promedio en todo el tramo, mediante la conformación de rellenos granulares”*.⁴

Recomienda así mismo que, *“ en los tramos en donde por topografía o trazo de la carretera se deba elevar la subrasante en más de 1.5 m, podrá emplearse un relleno tipo pedraplén”*.⁵

Respecto al Diseño del Pavimento, se puede mencionar que el valor del Módulo Resiliente presentado en el cuadro 2.4 es mayor al estimado mediante las correlaciones existentes dadas por el AASHTO, por lo tanto el Número Estructural (SN) verdadero sería mayor al presentado en el ítem 2.2.2. Asimismo, si hacemos el cálculo del SN, mediante el producto de los coeficientes respectivos y el espesor de diseño presentado, notamos que ese valor es inferior al SN de diseño, por lo que se podría presumir que existe un subdimensionamiento en la estimación de los espesores de las capas del pavimento.

³ Cfr., Rico Rodríguez, Alfonso y Del Castillo, Hermilo, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Volumen I, Editorial Limusa, México, 1984, p. 128.

⁴ Op cit., Expediente Técnico “Carretera Calapuja – Azángaro”, Memoria Descriptiva, p. 35.

⁵ Idem., p. 35.

CAPÍTULO
3

CAPÍTULO 3

Evaluación y Mejoramiento de la Sub-rasante

3.1 INTRODUCCIÓN

La investigación geotécnica complementaria, se ha realizado con la finalidad de comprobar y evaluar las características geotécnicas de la sub-rasante como base de fundación de los terraplenes, según los siguientes conceptos:

- Determinación del espesor de estrato superficial de tierra vegetal. En el Expediente Técnico no se hace referencia a este concepto. Sin embargo y, de acuerdo con la estratigrafía que se deduce de los Registros de Ensayos de Laboratorio, el estrato superior estaría compuesto por suelos de naturaleza granular gruesa (gravas), lo cual no estaría en concordancia con lo observado en campo.
- La posible no concordancia del tipo de suelo superficial, lleva a la necesidad de comprobación de la estratigrafía a lo largo de la carretera Calapuja – Azángaro.
- Evaluación y comprobación de los parámetros CBR de los suelos. Cabe mencionar que, los resultados de Ensayos CBR realizados por el MTC, corresponden a muestras obtenidas a 1.5 m de profundidad. Se considera necesario determinar el CBR en superficie y a distintas profundidades.
- Se considera necesario determinar las características de resistencia de los suelos de cimentación de los terraplenes. El Expediente Técnico, no hace mención de características de esta naturaleza.

En tal sentido, ha sido necesario proceder a una nueva fase de investigación geotécnica, tanto de campo como laboratorio, que permita disponer de información suficiente para una caracterización geotécnica de los aproximadamente 20 km. de la carretera Calapuja – Azángaro.

3.2 TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

Para la determinación de las características geotécnicas de los suelos, se han llevado a cabo las siguientes actividades:

3.2.1 Calicatas de replanteo

Para esta nueva fase de campo, se ha llevado a cabo la ejecución de 73 calicatas hasta profundidades que oscilan entre 1.50 – 1.60 m y espaciadas aproximadamente 250 m. La ubicación de cada una de ellas, corresponde aproximadamente al punto medio entre cada 2 calicatas de las ejecutadas por el MTC, de acuerdo con lo indicado en el Expediente Técnico. Las calicatas fueron ejecutadas a un lado de la vía actual, en terreno natural, teniendo especial cuidado de que su ubicación no esté afectada por el lastrado de la vía.

Asimismo, se verificó la calidad de los materiales obtenidos mediante los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM D-422)
- Límites de Consistencia (ASTM D-4318)
- Densidad Natural (ASTM D-1556)
- Humedad Natural (ASTM D-2216)

Con los valores de los Límites de Consistencia y Humedad Natural de los diferentes suelos subyacentes a la capa de tierra vegetal podemos determinar los parámetros que califican a los suelos de fundación como sigue:

- **Índice de Consistencia**, esta relacionado con la humedad, el límite líquido e índice plástico, y esta dado por la siguiente expresión (Arquíé 1972):

$$I_c = \frac{LL - w}{IP}$$

Donde:

- I_c : Índice de Consistencia
- LL : Límite Líquido
- w : Contenido de Humedad
- IP : Índice Plástico

Los índices de consistencia menores a cero, califican a los suelos como muy blandos.

- **Índice de Liquidez**, se define por la siguiente expresión:

$$I_L = \frac{w - LP}{IP}$$

Donde:

- I_L : Índice de Liquidez
- w : Contenido de Humedad
- LP : Límite Plástico

IP : Índice Plástico

Los índices de liquidez mayores a uno señalan un comportamiento como líquido viscoso.

La relación de calicatas de replanteo ejecutadas y resultados de ensayos de laboratorio, se presenta en el siguiente cuadro, y los registros de ejecución de calicatas de replanteo se adjuntan en el anexo 2:

Cuadro 3.1
Resultados de Ensayos de Laboratorio – Investigación Geotécnica Complementaria

N°	Km	Capa	Prof. (m)	Lado	N.F.	# N°200	Límites Consistencia			I _c	I _L	Clasificación		Densid. Natural gr/cm ³	Humed. Natural %
							LL	LP	IP			SUCS	AASHTO		
001	28+625	01	0.20-0.90	Der.		56.9	25.7	15.1	10.6	1.3	-0.3	CL	A-6(3)	1.476	12.40%
		02	0.90-1.50			74.0	21.1	15.1	6.0	-0.6	1.6	CL-ML	A-4(7)	1.321	24.80%
002	28+875	01	0.20-1.50	Der.		49.1	18.7	NP	N.P.	..	..	SM	A-4(8)	1.636	14.50%
003	29+125	01	0.30-1.10	Der.		51.3	21.4	14.9	6.5	0.5	0.5	CL-ML	A-4(2)	1.608	18.30%
		02	1.10-1.50			2.8	17.2	NP	N.P.	..	..	SP	A-1-b(0)	1.491	10.40%
004	29+375	01	0.20-0.40	Der.		37.8	18	NP	N.P.	..	..	SM	A-4(4)	1.732	13.60%
		02	0.40-0.80			84.6	24.8	14.7	10.1	0.9	0.1	CL	A-6(8)		16.20%
		03	0.80-1.50			41.6	22.3	14.5	7.8	1.2	-0.2	SC	A-4(0)	1.702	13.00%
005	29+625	01	0.60-0.90	Der.		45.1	14.3	NP	N.P.	..	..	SM	A-4(7)	1.481	11.70%
		02	0.90-1.50			7.2	16.7	NP	N.P.	..	..	SP-SM	A-1-b(0)	1.894	10.50%
006	29+875	01	0.20-0.90	Izq.		26.7	16.4	NP	N.P.	..	..	SM	A-2-4(0)	1.453	16.20%
		02	0.90-1.50			18.3	22.4	NP	N.P.	..	..	SM	A-1-b(0)	1.597	8.50%
007	30+125	01	0.30-0.70	Der.		87.1	31.0	19.2	11.8	0.6	0.4	CL	A-6(8)	1.534	23.40%
		02	0.70-1.50			78.0	20.5	NP	N.P.	..	..	ML	A-4(8)	1.438	21.20%
008	30+375	01	0.20-0.50	Der.		92.5	38.8	20.1	18.7	1.1	-0.1	CL	A-6(11)	1.706	17.30%
		02	0.50-1.10			95.6	25.7	21.0	4.7	0.6	0.4	CL-ML	A-4(8)		23.10%
		03	1.10-1.60			5.4	22.3	NP	N.P.	..	..	SP-SM	A-2-4(0)	1.440	8.00%
009	30+625	01	0.30-0.60	Der.		89.5	38.2	19.5	18.7	0.7	0.3	CL	A-6(11)	1.509	25.50%
		02	0.60-1.20			95.8	27.7	17.2	10.5	1.0	0.0	CL	A-6(8)		16.80%
		03	1.20-1.60			79.0	31.0	NP	N.P.	..	..	ML	A-4(8)	1.363	26.60%
010	30+875	01	0.30-0.50	Izq.		87.9	50.3	25.3	25.0	0.5	0.5	CH	A-7-6(16)	1.276	38.30%
		02	0.50-1.00			91.4	38.8	21.7	17.1	1.4	-0.4	CL	A-6(11)		14.40%
		03	1.00-1.50			94.4	36.5	22.2	14.3	0.8	0.2	CL	A-6(9)	1.486	24.80%
011	31+125	01	0.30-1.20	Der.		86.8	45.0	30.7	14.3	0.9	0.1	OL	A-7-5(10)	1.399	31.90%
		02	1.20-1.50			77.4	19.8	11.4	8.4	-0.8	1.8	CL	A-4(8)	1.461	26.20%
012	31+375	01	0.30-1.00	Der.		93.0	38.8	19.9	18.9	0.3	0.7	CL	A-6(11)	1.429	32.40%
		02	1.00-1.50			78.8	25.1	16.4	8.7	0.8	0.2	CL	A-4(8)	1.492	18.20%
013	31+625	01	0.25-0.50	Der.		95.9	47.5	25.1	22.4	1.0	0.0	CL	A-7-6(14)	1.519	25.60%
		02	0.50-1.10			86.5	28.2	25.1	3.1	2.7	-1.7	ML	A-4(8)		19.90%
		03	1.10-1.60			77.5	20.6	NP	N.P.	..	..	ML	A-4(8)	1.441	27.50%
014	31+875	01	0.30-0.85	Izq.		80.6	32.6	17.7	14.9	0.7	0.3	CL	A-6(10)	1.493	21.90%
		02	0.85-1.60			48.1	15.2	NP	N.P.	..	..	SM	A-4(1)	1.473	27.20%
015	32+125	01	0.20-0.65	Der.		91.1	39.8	24.6	15.2	1.5	-0.5	CL	A-6(10)	1.602	17.50%
		02	0.65-1.20			76.8	31.4	18.5	12.9	1.5	-0.5	CL	A-6(9)		11.80%
		03	1.20-1.50			28.5	19.2	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-2-4(0)	1.444	9.00%
016	32+375	01	0.25-0.90	Izq.		81.6	38.8	23.2	15.6	1.1	-0.1	CL	A-6(10)	1.519	21.80%
		02	0.90-1.50			75.3	31.1	24.7	6.4	0.0	1.0	ML	A-4(8)	1.392	31.20%
017	32+625	01	0.30-1.00	Izq.		92.6	26.2	20.7	5.5	0.5	0.5	CL-ML	A-4(8)	1.538	23.70%
		02	1.00-1.50			77.3	26.9	17.5	9.4	-0.2	1.2	CL	A-4(8)	1.395	28.80%

Evaluación y Mejoramiento de la Sub-rasante de la Carretera Calapuja - Azángaro: km 28+500 al km 46+600

N°	Km	Capa	Prof. (m)	Lado	N.F.	# N°200	Límites Consistencia			I _c	I _L	Clasificación		Densid. Natural gr/cm ³	Humed. Natural %				
							LL	LP	IP			SUCS	AASHTO						
018	32+875	01	0.30-0.80	Der.		83.4	25.8	15.1	10.7	0.1	0.9	CL	A-6(8)	1.542	24.40%				
		02	0.80-1.50				19.1	NP	N.P.					ML	A-4(8)	1.415	29.30%
019	33+125	01	0.30-1.30	Der.		91.8	35.8	21.3	14.5	0.4	0.6	CL	A-6(10)	1.446	30.30%				
		02	1.30-1.60				10.0	N.P.	N.P.					SM	A-2-4(0)	1.337	34.50%
020	33+375	01	0.20-0.60	Der.		87.5	48.3	24.3	24.0	0.8	0.2	CL	A-7-6(15)	1.435	28.90%				
		02	0.60-1.00				68.0	32.8	20.2			12.6	1.4			-0.4	CL	A-6(6)	14.70%
		03	1.00-1.25				15.8	22.1	N.P.			N.P.	SM	A-1-b(0)	7.90%
		04	1.25-1.50				97.4	48.4	26.0			22.4	0.8			0.2	CL	A-7-6(14)	1.414	29.40%
021	33+625	01	0.30-0.60	Izq.		83.3	51.1	26.2	24.9	1.2	-0.2	CH	A-7-6(16)	1.895	21.10%				
		02	0.60-1.30				67.2	32.4	16.4			16.0	1.1			-0.1	CL	A-6(7)	14.40%
		03	1.30-1.50				95.0	33.9	18.6			15.3	0.6			0.4	CL	A-6(10)	1.319	24.00%
022	33+875	01	0.30-1.50	Der.		79.0	36.9	18.9	18.0	0.9	0.2	CL	A-6(11)	1.563	21.60%				
023	34+125	01	0.40-0.80	Der.		79.9	37.6	19.3	18.3	0.2	0.8	CL	A-6(11)	1.314	33.20%				
		02	0.80-1.40				1.30	79.4	48.1			27.0	21.1			0.9	0.1	CL	A-7-6(14)	30.10%
024	34+375	01	0.30-0.75	Izq.		96.0	66.5	33.5	33.0	0.8	0.2	OH	A-7-5(20)	1.349	40.30%				
		02	0.75-1.15				93.9	66.1	32.3			33.8	1.2			-0.2	CH	A-7-5(20)	26.30%
		03	1.15-1.50				83.1	33.2	21.3			11.9	0.2			0.8	CL	A-6(8)	1.375	30.80%
025	34+625	01	0.30-0.75	Der.		94.1	56.1	32.6	23.5	0.7	0.3	OH	A-7-5(16)	1.288	40.70%				
		02	0.75-1.45				1.45	94.4	49.4			29.1	20.3			1.0	0.0	OL	A-7-6(14)	28.50%
026	34+875	01	0.30-0.80	Der.		98.3	55.7	35.8	19.9	0.0	1.0	OH	A-7-5(15)	1.442	55.20%				
		02	0.80-1.30				1.00	66.2	38.3			20.1	18.2			0.9	0.1	CL	A-6(8)	22.40%
027	35+125	01	0.40-1.50	Izq.	1.45	88.1	41.5	27.6	13.9	-0.1	1.1	OL	A-7-6(9)	1.279	42.70%				
028	35+375	01	0.30-0.60	Der.		82.2	45.4	28.3	17.1	0.4	0.6	OL	A-7-6(11)	1.338	38.30%				
		02	0.60-1.50				1.35	94.7	55.1			33.1	22.0			0.8	0.2	OH	A-7-5(15)	36.50%
029	35+625	01	0.30-0.50	Izq.		90.5	47.8	25.4	22.4	0.3	0.7	CL	A-7-6(14)	1.186	40.80%				
		02	0.50-1.50				95.0	57.3	31.1			26.2	0.2			0.8	OH	A-7-5(17)	1.179	53.00%
030	35+875	01	0.30-0.50	Der.		72.3	39.0	22.0	17.0	-0.5	1.5	CL	A-6(9)	1.288	47.10%				
		02	0.50-1.50				61.9	34.8	19.3			15.5	0.3			0.7	CL	A-6(6)	1.315	30.50%
031	36+125	01	0.30-0.70	Der.		93.8	50.5	28.1	22.4	0.3	0.7	CH	A-7-6(15)	1.316	43.70%				
		02	0.70-1.50				81.5	58.9	37.2			21.7	1.2			-0.2	OH	A-7-5(16)	1.336	33.40%
032	36+375	01	0.30-0.60	Der.		90.5	37.4	24.3	13.1	0.1	0.9	CL	A-6(9)	1.368	36.20%				
		02	0.60-1.10				84.4	60.2	38.0			22.2	1.4			-0.4	OH	A-7-5(16)	29.90%
		03	1.10-1.50				69.4	27.1	15.8			11.3	-0.7			1.7	CL	A-6(6)	1.187	35.00%
033	36+625	01	0.30-0.60	Izq.		92.6	47.6	30.1	17.5	0.6	0.4	OL	A-7-5(12)	1.397	36.80%				
		02	0.60-0.90				93.3	55.5	42.5			13.0	2.3			-1.3	MH	A-7-5(12)	25.40%
		03	0.90-1.50				83.6	39.1	22.5			16.6	0.0			1.0	CL	A-6(10)	1.349	38.40%
034	36+875	01	0.30-0.65	Der.		98.0	67.3	31.9	35.4	0.6	0.4	CH	A-7-5(20)	1.167	44.40%				
		02	0.65-0.90				66.5	35.8	18.9			16.9	1.1			-0.1	CL	A-6(8)	17.60%
		03	0.90-1.50				92.5	54.4	36.6			17.8	0.7			0.3	OH	A-7-5(13)	1.287	42.60%
035	37+125	01	0.20-0.50	Izq.		97.0	54.8	26.7	28.1	1.0	0.0	CH	A-7-6(18)	1.491	28.00%				
		02	0.50-0.95				92.4	52.9	29.9			23.0	1.5			-0.5	OH	A-7-6(15)	19.40%
		03	0.95-1.50				8.7	20.5	N.P.			N.P.	SP-SM	A-2-4(0)	1.462	23.70%
036	37+375	01	0.30-0.60	Der.		92.0	22.6	16.1	6.5	-0.7	1.7	CL-ML	A-4(8)	1.507	27.00%				
		02	0.60-1.10				96.3	43.0	21.9			21.1	1.1			-0.1	CL	A-7-6(13)	20.60%
		03	1.10-1.50				87.3	31.1	16.4			14.7	0.1			0.9	CL	A-6(10)	1.478	29.10%
037	37+625	01	0.30-0.50	Izq.		96.8	45.2	23.5	21.7	1.0	0.0	CL	A-7-6(13)	1.513	24.10%				
		02	0.50-1.10				1.10	91.9	26.8			17.7	9.1			0.8	0.2	CL	A-4(8)	19.50%
038	37+875	01	0.30-0.80	Der.		88.8	35.7	19.0	16.7	0.0	1.0	CL	A-6(10)	1.425	35.50%				
		02	0.80-1.50				90.2	21.7	N.P.			N.P.	ML	A-4(8)	1.495	25.40%
039	38+125	01	0.30-1.00	Izq.		93.5	29.3	16.9	12.4	0.2	0.8	CL	A-6(9)	1.489	27.30%				
		02	1.00-1.50				66.7	17.2	N.P.			N.P.	ML	A-4(5)	1.389	37.40%

Evaluación y Mejoramiento de la Sub-rasante de la Carretera Calapuja - Azángaro: km 28+500 al km 46+600

N°	Km	Capa	Prof. (m)	Lado	N.F.	# N°200	Límites Consistencia			I _c	I _L	Clasificación		Densid. Natural gr/cm ³	Humed. Natural %
							LL	LP	IP			SUCS	AASHTO		
040	38+375	01	0.30-1.50	Der.		2.8	16.9	N.P.	N.P.	..	..	SP	A-1-a(0)	1.666	16.52%
041	38+625	01	0.25-0.55	Der.		59.1	17.6	N.P.	N.P.	..	..	ML	A-4(4)	1.367	17.60%
		02	0.55-1.20			91.9	22.0	18.3	3.7	1.8	-0.8	ML	A-4(8)		15.50%
		03	1.20-1.60			39.1	19.1	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-4(4)	1.427	19.00%
042	38+875	01	0.25-1.10	Der.		84.0	22.7	14.9	7.8	1.0	0.0	CL	A-4(8)	1.634	15.20%
		02	1.10-1.50			10.3	17.0	N.P.	N.P.	..	..	SP-SM	A-1-b(0)	1.442	10.90%
043	39+125	01	0.30-0.70	Izq.		84.3	25.2	15.7	9.5	-0.2	1.2	CL	A-4(8)	1.421	27.40%
		02	0.70-1.50			89.8	22.7	20.4	2.3	-2.4	3.4	ML	A-4(8)	1.425	28.20%
044	39+375	01	0.30-0.90	Der.		55.9	20.9	17.4	3.5	1.3	-0.3	ML	A-4(3)	1.731	16.30%
		02	0.90-1.50			4.4	14.0	N.P.	N.P.	..	..	SP	A-1-b(0)	1.759	14.80%
045	39+625	01	0.30-1.40	Izq.		91.4	44.3	25.4	18.9	1.0	0.0	CL	A-7-6(12)	1.461	24.90%
046	39+875	01	0.30-1.10	Der.		96.9	35.8	16.5	19.3	0.8	0.2	CL	A-6(11)	1.637	19.70%
		02	1.10-1.50			78.1	20.4	N.P.	N.P.	..	..	ML	A-4(8)	1.284	29.90%
047	40+125	01	0.30-0.90	Izq.		95.0	20.7	12.1	8.6	0.4	0.6	CL	A-4(8)	1.632	17.60%
		02	0.90-1.50			70.7	21.9	N.P.	N.P.	..	..	ML	A-4(6)	1.444	25.00%
048	40+375	01	0.20-1.10	Der.		95.5	31.9	13.6	18.3	0.5	0.5	CL	A-6(11)	1.446	22.50%
		02	1.10-1.50			96.8	30.2	21.6	8.6	0.3	0.7	CL	A-4(8)	1.506	27.40%
049	40+625	01	0.30-1.10	Izq.		66.3	20.2	N.P.	N.P.	..	..	ML	A-4(5)	1.423	19.50%
		02	1.10-1.50			48.1	20.8	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-4(1)	1.464	24.90%
050	40+875	01	0.30-1.10	Der.		48.1	18.3	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-4(1)	1.500	21.60%
		02	1.10-1.50			43.4	15.2	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-4(0)	1.530	10.30%
051	41+125	01	0.30-0.65	Izq.		93.3	31.0	17.7	13.3	1.1	-0.1	CL	A-6(9)	1.555	16.20%
		02	0.65-0.95			81.2	20.0	N.P.	N.P.	..	..	ML	A-4(8)		9.50%
		03	0.95-1.50			90.5	27.5	16.6	10.9	0.6	0.4	CL	A-6(8)	1.611	21.20%
052	41+375	01	0.30-0.70	Der.		46.1	28.0	13.9	14.1	0.5	0.5	SC	A-6(2)	1.565	21.40%
		02	0.70-1.10			62.5	15.9	N.P.	N.P.	..	..	ML	A-4(5)		10.00%
		03	1.10-1.50			96.7	26.0	16.5	9.5	0.3	0.7	CL	A-4(8)	1.408	23.40%
053	41+625	01	0.30-0.45	Izq.		82.1	27.7	14.4	13.3	0.5	0.5	CL	A-6(9)	1.563	21.60%
		02	0.45-0.75			23.8	16.1	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-2-4(0)		9.30%
		03	0.75-1.50			74.3	18.2	N.P.	N.P.	..	..	ML	A-4(7)	1.490	24.30%
054	41+875	01	0.25-0.80	Izq.		95.3	33.7	21.9	11.8	0.7	0.3	CL	A-6(9)	1.473	25.00%
		02	0.80-1.35			67.5	23.5	13.1	10.4	0.9	0.1	CL	A-6(6)		14.52%
		03	1.35-1.60			88.8	24.2	17.2	7.0	0.7	0.3	CL-ML	A-4(8)	1.565	19.50%
055	42+125	01	0.20-0.80	Der.		94.1	48.3	21.9	26.4	1.1	-0.1	CL	A-7-6(16)	1.653	18.29%
		02	0.80-1.30			57.5	19.9	14.8	5.1	1.4	-0.4	CL-ML	A-4(4)		12.69%
		03	1.30-1.60			8.5	20.9	N.P.	N.P.	..	..	SP-SM	A-2-4(0)	1.395	15.10%
056	42+375	01	0.20-0.50	Izq.		78.1	21.8	15.9	5.9	1.4	-0.4	CL-ML	A-4(8)	1.426	13.50%
		02	0.50-1.40			2.8	18.3	N.P.	N.P.	..	..	SP	A-1-a(0)		6.19%
		03	1.40-1.60			3.2	23.4	N.P.	N.P.	..	..	SP	A-2-4(0)	1.427	6.39%
057	42+625	01	0.20-0.50	Der.		87.9	34.0	20.8	13.2	1.4	-0.4	CL	A-6(10)	1.505	15.04%
		02	0.50-0.80			76.1	21.1	17.4	3.7	1.0	0.0	ML	A-4(8)		17.40%
		03	0.80-1.50			5.3	16.5	N.P.	N.P.	..	..	SP-SM	A-2-4(0)	1.709	5.90%
058	42+875	01	0.30-0.80	Der.		25.5	15.6	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-2-4(0)	1.559	13.12%
		02	0.80-1.70			1.2	15.2	N.P.	N.P.			SP	A-1-b(0)	1.721	6.38%
059	43+125	01	0.20-1.00	Izq.		44.3	20.1	18.5	1.6	5.8	-4.8	SM	A-4(1)	1.810	10.80%
		02	1.00-1.50			37.1	21.2	16.9	4.3	2.8	-1.8	SC-SM	A-4(1)	1.505	9.33%
060	43+375	01	0.30-0.90	Der.		76.4	21.9	NP	NP	..	..	ML	A-4(8)	1.662	17.60%
		02	0.90-1.50			0.1	16.3	NP	NP	..	..	SP	A-1-b(0)	1.714	8.70%
061	43+625	01	0.30-0.60	Der.		3.2	22.2	N.P.	N.P.	..	..	SP	A-1-b(0)	1.822	6.70%
		02	0.60-1.60			5.3	22.9	N.P.	N.P.	..	..	SP-SM	A-1-b(0)	1.498	6.89%
062	43+875	01	0.30-0.90	Der.		77.0	27.6	18.4	9.2	-0.3	1.3	CL	A-4(8)	1.375	29.90%

°	Km	Capa	Prof. (m)	Lado	N.F.	# N°200	Límites Consistencia			I _c	I _L	Clasificación		Densid. Natural gr/cm ³	Humed. Natural %
							LL	LP	IP			SUCS	AASHTO		
		02	0.90-1.20		1.20	66.7	24.0	18.2	5.8	-1.3	2.3	CL-ML	A-4(6)		31.68%
063	44+125	01	0.30-1.25	Der.		56.4	24.9	20.5	4.4	-0.3	1.3	CL-ML	A-4(4)	1.400	26.20%
		02	1.25-1.35		1.35	48.9	19.8	16.9	2.9	-1.7	2.7	SM	A-4(2)		24.64%
064	44+375	01	0.30-0.80	Der.		63.7	24.6	16.5	8.1	1.0	0.0	CL	A-4(5)	1.935	16.51%
		02	0.80-1.50			71.9	23.6	13.7	9.9	0.3	0.7	CL	A-4(7)	1.480	20.92%
065	44+625	01	0.30-0.70	Der.		68.7	20.7	17.0	3.7	-0.3	1.3	ML	A-4(6)	1.366	21.86%
		02	0.70-1.50			69.9	26.0	16.6	9.4	0.0	1.0	CL	A-4(7)	1.409	25.66%
066	44+875	01	0.30-1.50	Der.		72.6	18.9	13.6	5.3	0.6	0.4	CL-ML	A-4(7)	1.595	15.57%
067	45+125	01	0.30-1.10	Der.	0.75	21.5	15.9	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-2-4(0)	1.548	14.69%
068	45+375	01	0.25-0.65	Izq.		75.8	25.4	13.5	11.9	0.8	0.2	CL	A-6(9)	1.638	15.86%
		02	0.65-1.50			81.2	21.3	15.7	5.6	-0.6	1.6	CL-ML	A-4(8)	1.432	24.70%
069	45+625	01	0.30-0.80	Der.		60.3	20.0	16.0	4.0	1.1	-0.1	CL-ML	A-4(5)	1.601	15.61%
		02	0.80-1.20			15.4	18.8	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-2-4(0)		13.17%
		03	1.20-1.60			71.9	20.9	14.7	6.2	-0.6	1.6	CL-ML	A-4(7)	1.558	24.64%
070	45+875	01	0.25-1.30	Izq.		82.4	25.8	15.0	10.8	0.2	0.8	CL	A-6(9)	1.504	23.41%
		02	1.30-1.60			2.6	23.2	N.P.	N.P.	..	..	SP	A-2-4(0)	1.419	14.86%
071	46+125	01	0.25-0.50	Der.		54.2	27.8	17.8	10.0	1.0	0.1	CL	A-4(3)	1.601	18.30%
		02	0.50-1.20			76.8	26.9	18.6	8.3	0.4	0.6	CL	A-4(8)		23.32%
		03	1.20-1.50			39.1	14.1	N.P.	N.P.	..	..	SM	A-4(0)	1.348	18.92%
072	46+375	01	0.20-0.45	Izq.		8.0	16.8	N.P.	N.P.	..	..	GP-GM	A-1-a(0)	1.908	11.17%
		02	0.45-0.95			36.4	21.4	13.0	8.4	1.0	0.0	SC	A-4(1)		13.35%
		03	0.95-1.50			80.2	30.2	18.6	11.6	0.5	0.5	CL	A-6(9)	1.529	24.64%
073	46+605	01	0.20-0.50	Der.		79.6	38.5	22.1	16.4	0.9	0.1	CL	A-6(10)	1.439	23.40%
		02	0.50-0.90			92.4	33.5	21.6	11.9	0.7	0.3	CL	A-6(8)		25.60%
		03	0.90-1.50			82.2	20.6	N.P.	N.P.	..	..	ML	A-4(8)	1.610	20.20%

Fuente: Presupuesto Adicional N° 02 "Mayores Metrados por sustitución de material en los sectores km 33+500 – km 37+500 y km 42+860 – km 46+605", Volumen II, Marzo 2004

3.2.2 Calicatas en la Vía Existente

Con la finalidad de evaluar el material de la vía existente y el suelo de fundación, se ha llevado a cabo, a manera de replanteo, la ejecución de 27 calicatas en profundidades que oscilan entre 0.40 – 1.25 m, ubicadas en el eje de la vía existente y a ambos lados de la misma, entre las progresivas km. 33+500 – km. 37+500, pues en dicho sector se han apreciado deformaciones y agrietamientos de la vía existente, motivando una evaluación mas amplia del sector.

Se han tomado muestras disturbadas para realización de ensayos para la determinación de Propiedades Índice, las mismas que debidamente embaladas, fueron remitidas al laboratorio para su posterior procesamiento.

La relación de calicatas ejecutadas en vía existente y resultados de laboratorio, se muestra en el cuadro 3.2, y los registros de ejecución de calicatas en vía existente se adjuntan en el anexo 3.



Foto 1: calicata 01, ubicada en la progresiva 28+625 lado derecho



Foto 2: calicata 15, ubicada en la progresiva 32+125 lado derecho.



Foto 3: calicata 44, ubicada en la progresiva 39+375 lado derecho



Foto 3: calicata 70, ubicada en la progresiva 45+875 lado izquierdo

Figura 3.1: Calicatas de replanteo – Carretera Calapuja-Azángaro

Cuadro 3.2
Resultados de Ensayos de Laboratorio – Calicatas en la vía existente

N°	Calicata	Km	Capa	Prof. (m)	Lado	Límites Consistencia			I _c	I _L	Clasificación		Humedad Natural %
						LL	LP	IP			SUCS	AASHTO	
2	a	33+500	01	0.00 - 0.25	Der.	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.25 - 0.75		58.2	21.4	36.8	0.9	0.1	CH	A-7-6(19)	26.30%
	b	33+500	01	0.00 - 0.25	Centro	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.25 - 0.55		46.7	18.6	28.1	0.7	0.3	CL	A-7-6(16)	26.60%
	c	33+500	01	0.00 - 0.30	Izq.	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.30 - 0.65		29.9	11.4	18.5	0.3	0.7	CL	A-6(11)	23.80%
3	a	34+000	01	0.00 - 0.20	Der.	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.20 - 0.90		45.0	20.4	24.6	1.0	0.0	CL	A-7-6(14)	20.40%
	b	34+000	01	0.00 - 0.20	Centro	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.20 - 0.50		24.6	17.4	7.2	0.3	0.7	CL	A-4(4)	22.60%
	c	34+000	03	0.50 - 0.80	Izq.	31.1	13.1	18.0	0.8	0.2	SC	A-6(2)	16.00%
			01	0.00 - 0.20		Material Vegetal							
			02	0.20 - 0.70		42.9	20.7	22.2	0.3	0.7	CL	A-7-6(13)	35.80%
4	a	34+500	01	0.00 - 0.25	Der.	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.25 - 0.80		48.1	22.1	26.0	0.7	0.3	CL	A-7-6(16)	30.00%
			03	0.80 - 0.90		56.9	26.5	30.4	0.7	0.3	CH	A-7-6(19)	36.00%
	b	34+500	01	0.00 - 0.30	Centro	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.30 - 0.75		58.0	21.1	36.9	0.8	0.2	CH	A-7-6(19)	28.60%
			03	0.75 - 0.95		54.5	21.0	33.5	0.6	0.4	CH	A-7-6(18)	34.80%
c	34+500	01	0.00 - 0.20	Izq.	Material Vegetal								
		02	0.20 - 0.60		52.8	22.4	30.4	0.4	0.6	CH	A-7-6(18)	39.30%	
		03	0.60 - 0.70		59.3	25.6	33.7	0.6	0.4	CH	A-7-6(19)	38.80%	
5	a	35+000	01	0.00 - 0.25	Der.	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.25 - 0.95		56.2	24.3	31.9	0.8	0.2	CH	A-7-6(19)	29.60%
			03	0.95 - 1.10		54.5	34.7	19.8	1.3	-0.3	OH	A-7-5(14)	28.30%
	b	35+000	01	0.00 - 0.20	Centro	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.20 - 1.10		40.4	23.6	16.8	0.5	0.5	CL	A-7-6(8)	32.60%
			03	1.10 - 1.25		48.9	26.8	22.1	0.7	0.3	CL	A-7-6(11)	34.40%
c	35+000	01	0.00 - 0.25	Izq.	Material Vegetal								
		02	0.25 - 0.85		61.9	32.5	29.4	0.5	0.5	OH	A-7-5(19)	46.70%	
		03	0.85 - 1.00		50.2	28.9	21.3	1.0	0.0	OH	A-7-6(14)	28.80%	
6	a	35+500	01	0.00 - 0.10	Der.	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.10 - 0.65		60.4	31.5	28.9	1.0	0.0	OH	A-7-5(19)	31.50%
			03	0.65 - 0.75		49.6	26.2	23.4	0.9	0.1	CL	A-7-6(15)	27.40%
	b	35+500	01	0.00 - 0.10	Centro	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.10 - 0.75		45.6	21.7	23.9	0.8	0.2	CL	A-7-6(14)	27.30%
			03	0.75 - 0.85		41.0	22.6	18.4	0.9	0.1	CL	A-7-6(9)	23.90%
c	35+500	01	0.00 - 0.30	Izq.	Material Vegetal								
		02	0.30 - 0.60		60.3	26.6	33.7	0.5	0.5	CH	A-7-6(20)	44.70%	
		03	0.60 - 0.75		45	22.3	22.7	1.0	0.0	CL	A-7-6(14)	21.60%	
7	a	36+000	01	0.00 - 0.25	Der.	Material Vegetal							
			02	0.25 - 0.80		38.5	23.8	14.7	0.7	0.3	CL	A-6(6)	28.60%
			03	0.80 - 0.95		49.4	23.5	25.9	1.3	-0.3	SC	A-7-6(6)	16.40%
	b	36+000	01	0.00 - 0.20	Centro	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.20 - 1.00		49.9	24.4	25.5	1.1	-0.1	CL	A-7-6(16)	21.80%
			03	1.00 - 1.15		53.0	21.4	31.6	1.1	-0.1	CH	A-7-6(17)	18.80%
c	36+000	01	0.00 - 0.20	Izq.	Material Vegetal								
		02	0.20 - 0.70		51.8	27.5	24.3	0.5	0.5	CH	A-7-6(16)	39.40%	

N°	Callcata	Km	Capa	Prof. (m)	Lado	Límites Consistencia			I _c	I _L	Clasificación		Humedad Natural %
						LL	LP	IP			SUCS	AASHTO	
8	a	36+500	01	0.00 - 0.20	Der.	Material Vegetal							
			02	0.20 - 0.60		49.9	24.6	25.3	0.9	0.1	CL	A-7-6(16)	27.20%
			03	0.60 - 0.80		61.9	35.4	26.5	1.5	-0.5	OH	A-7-5(18)	21.50%
	b	36+500	01	0.00 - 0.30	Centro	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.30 - 1.00		51.9	28.1	23.8	0.8	0.2	CH	A-7-6(15)	31.90%
			03	1.00 - 1.15		53.7	36.4	17.3	1.2	-0.2	OH	A-7-5(13)	33.50%
	c	36+500	01	0.00 - 0.15	Izq.	Material Vegetal							
			02	0.15 - 0.60		57.8	21.8	36.0	0.5	0.5	CH	A-7-6(19)	38.60%
			03	0.60 - 0.75		53.0	23.5	29.5	0.7	0.3	CH	A-7-6(18)	33.70%
9	a	37+000	01	0.00 - 0.20	Der.	Material Vegetal							
			02	0.20 - 0.65		38.5	24.7	13.8	1.0	0.0	CL	A-6(9)	24.70%
			03	0.65 - 0.80		41.5	23.2	18.3	0.8	0.2	CL	A-7-6(10)	26.10%
	b	37+000	01	0.00 - 0.30	Centro	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.30 - 1.00		53.9	17.7	36.2	0.8	0.2	CH	A-7-6(18)	25.60%
			03	1.00 - 1.15		47.6	22.4	25.2	1.0	0.0	CL	A-7-6(15)	23.40%
	c	37+000	01	0.00 - 0.20	Izq.	Material Vegetal							
			02	0.20 - 0.65		48.9	23.6	25.3	0.6	0.4	CL	A-7-6(15)	33.80%
			03	0.65 - 0.80		43.6	23.8	19.8	1.0	0.0	CL	A-7-6(12)	24.70%
10	a	37+500	01	0.00 - 0.15	Der.	Material Vegetal							
			02	0.15 - 0.60		32.4	18.5	13.9	0.7	0.3	CL	A-6(9)	22.10%
	b	37+500	01	0.00 - 0.40	Centro	Material de Lastrado Antiguo							
			02	0.40 - 0.70		37.3	23.0	14.3	0.7	0.3	CL	A-6(9)	27.60%
			03	0.70 - 0.80		39.8	19.6	20.2	1.1	-0.1	CL	A-6(12)	17.90%
	c	37+500	01	0.00 - 0.15	Izq.	Material Vegetal							
02			0.15 - 0.60	44.0		23.6	20.4	0.5	0.5	CL	A-7-6(12)	33.90%	

Fuente: Presupuesto Adicional N° 02 "Mayores Metrados por sustitución de material en los sectores km 33+500 - km 37+500 y km 42+860 - km 46+605", Volumen II, Marzo 2004

3.2.3 Ensayos de Penetración PDC (Penetrómetro Dinámico de Cono)

EL PDC es un método no destructivo que se puede utilizar para evaluar indirectamente la capacidad estructural de un pavimento y del suelo de fundación. Este instrumento tiene muchas ventajas sobre el ensayo CBR tradicional por ser simple y económico, este ensayo se realiza según la norma ASTM D6951-03 "Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications".

En países como Sudáfrica, Estados Unidos, Israel y Chile entre otros, se ha implementado bastante el uso del PDC en el control de densidades de compactación de bases y subbases y para calcular indirectamente valores como el CBR y el Módulo Resiliente para estos tipos de materiales.

- Descripción del ensayo

El principio de funcionamiento del PDC es muy simple. Una sonda o varilla de acero, con su extremo inferior en forma de cono, penetra continuamente a través de las capas bajo la acción dinámica de una masa de 8 Kg. que cae libremente desde una altura preestablecida (575 mm). Ver figura 3.2.

El ensayo consiste en medir, con ayuda de una escala anexa al aparato, la cantidad de milímetros que penetra la sonda para un determinado número de golpes de la masa.

– Metodología aplicada en el ensayo PDC

Para la ejecución de esta prueba es necesario especificar las condiciones de uso. Se deben realizar los siguientes pasos:

- Ensamblar el PDC.
- Colocar las puntas del PDC en la superficie.
- Sostener el PDC perpendicular a la superficie del material
- Levantar el martillo hasta el extremo de su trayecto y soltarlo; no se debe impulsar hacia abajo, solo dejarlo caer.
- Registrar la profundidad de penetración según la relación PI (índice de penetración)
Se debe tomar una lectura por cada golpe del martillo. Si la relación de penetración es menor a 20 mm/golpe, la frecuencia de las lecturas debe disminuirse así:
 - Una lectura por cada 2 golpes, si penetra 10 a 20 mm por golpe.
 - Una lectura por cada 5 golpes, si penetra 5 a 9 mm por golpe.
 - Una lectura por cada 10 golpes, si penetra 2 a 4 mm por golpe.Continuar la penetración hasta una profundidad máxima de 800mm debajo de la superficie.
Lecturas de penetración menores a 1 mm por cada 20 golpes ó más, deben descartarse.
- La profundidad a que se penetra depende del trabajo evaluativo que se esté realizando.
- Si la punta golpea en una piedra, no se registrará avance en la penetración en un intervalo de 5 a 25 golpes. Cuando esto ocurra durante la prueba, se debe mantener el martilleo y normalmente la roca se romperá, pero si se pasa de este intervalo de golpes, se saca el penetrómetro y se realiza el ensayo en otro punto cercano.
- Trazar en un gráfico cartesiano la profundidad contra el número de golpes. El cambio de pendiente indica la variación de resistencia del suelo, denotada como PI.
- La varilla se extrae siguiendo un proceso inverso al de hincado. Se golpea hacia arriba con el mismo martillo. También puede usarse un sistema de gato hidráulico de extracción.

Resultados y cálculos

Los datos del ensayo PDC son procesados para obtener in índice de penetración (PI), el cual es simplemente la distancia que penetra el cono con cada golpe del martillo. El PI esta expresado en términos de pulgadas por golpe o milímetros por golpe, este índice puede ser directamente correlacionado con el CBR, usado comúnmente como parámetro para el diseño de pavimentos.

La correlación entre el índice de penetración del PDC y el CBR es de suma importancia dado que el CBR representa el valor de la resistencia del suelo usado para evaluar subrasantes, subbases y pavimentos flexibles; se dieron muchas correlaciones entre las que se pueden mencionar principalmente las siguientes:

- Colombia - Bateman (Suelos finos) $CBR = 37.9 (PI)^{-0.69}$
- Colombia (suelo granular) $CBR = 567 (PI)^{-1.4}$
- Kleyn y Van Heerden $CBR = 428.5 (PI)^{-1.28}$

- Overseas Road Note $CBR = 307 (PI)^{-1.057}$
- Ponce, Guzmán y Guzmán (Chile) $CBR = 777.2 (PI)^{-1.46}$
- USA $CBR = 405.5 (PI)^{-1.295}$
- Israel $CBR = 288.4 (PI)^{-1.120}$

Donde: PI = índice de penetración en mm/golpe.

Los parámetros del modelo cambian dependiendo del suelo y de las condiciones del lugar donde se desarrolla la ecuación.

En Colombia se tienen principalmente dos ecuaciones, una de las cuales fue desarrollada por el ingeniero Bateman y se aplica en suelos finos inalterados ensayados mediante la norma ASTM 1883. Esta correlación fue desarrollada para suelos cohesivos de la ciudad de Bogotá (CL Y CH).

$$CBR = 37.9 (PI)^{-0.69}$$

Este tipo de correlación es la más usada actualmente en varios países debido a la sencillez de aplicación, por lo que será de aplicación para el presente informe dada la similitud de los suelos que se están analizando.

Se realizaron 36 ensayos de penetración PDC, cuyos resultados se presentan en los cuadros 3.3 y 3.4, los registros de ensayos se adjuntan en el anexo 4.

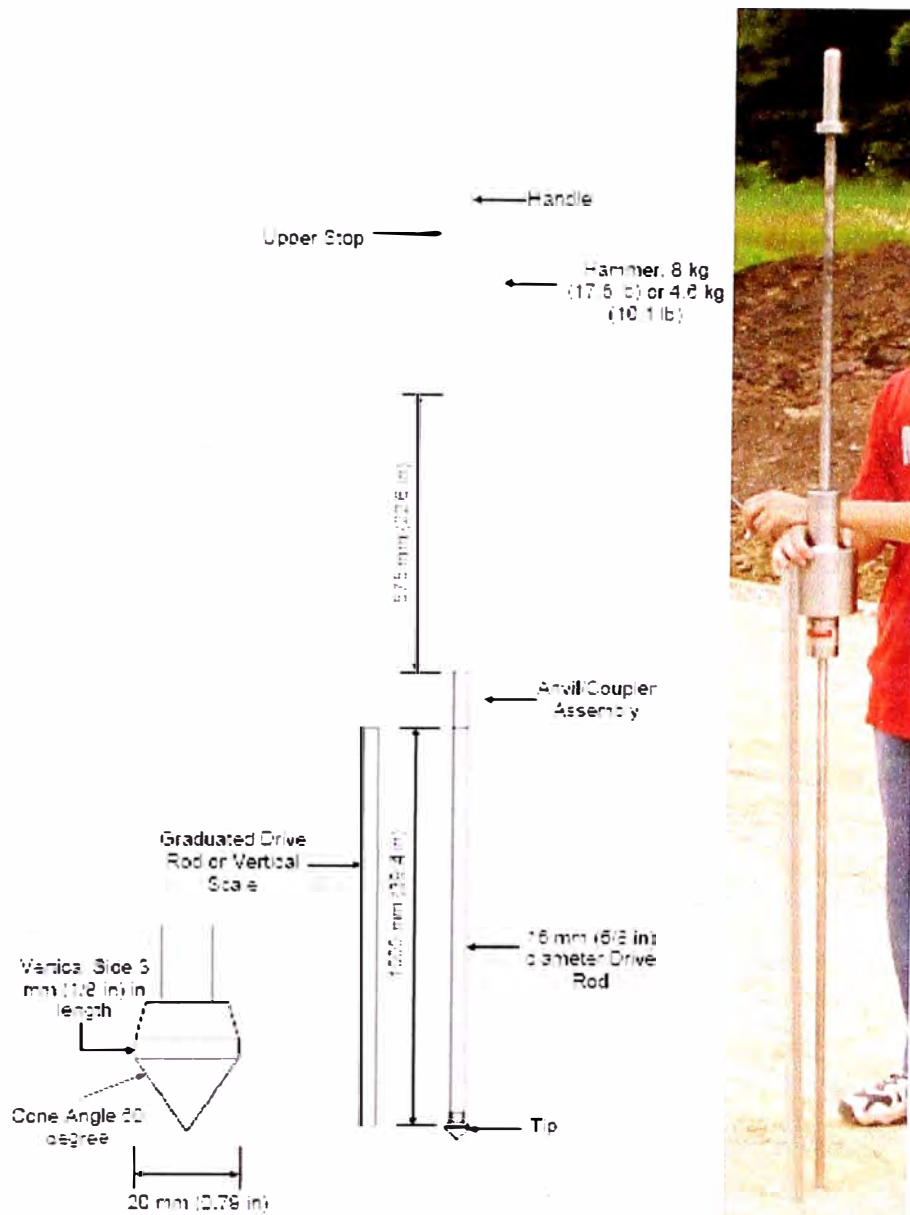


Figura 3.2: Penetrometro Dinámico de Cono (Illinois Department of Transportation)



Foto 1: Ensayo PDC ubicado en la progresiva 39+680 lado izquierdo



Foto 2: Ensayo PDC ubicado en la progresiva 41+180 lado izquierdo



Foto 3: Ensayo PDC ubicado en la progresiva 43+680 lado izquierdo

Figura 3.3: Ensayos de PDC – Carretera Calapuja-Azángaro

Cuadro 3.3
Resultados de Ensayos PDC – Número de golpes

Nº	Progresiva	Profundidad (m)			
		0.30	0.50	1.00	1.50
1	28+680	12	3	10	42
2	29+180	16	21	7	18
3	29+680	6	6	10	13
4	30+180	11	10	13	11
5	30+680	2	12	56	7
6	31+180	2	8	18	11
7	31+680	3	9	14	10
8	32+180	8	5	18	8
9	32+680	3	5	6	7
10	33+180	3	5	8	6
11	33+680	4	4	8	3
12	34+180	2	2	8	4
13	34+680	2	2	2	2
14	35+180	2	2	2	2
15	35+680	2	3	2	5
16	36+180	3	3	4	3
17	36+680	2	2	11	10
18	37+180	3	2	8	4
19	37+680	3	4	3	6
20	38+180	1	1	9	12
21	38+680	9	9	25	19
22	39+180	16	36		
23	39+680	8	7	8	11
24	40+180	23	9	11	7
25	40+680	3	6	6	4
26	41+180	4	10	12	9
27	41+680	3	5	13	5
28	42+180	3	10	10	9
29	42+680	2	2	16	35
30	43+180	2	2	9	11
31	43+680	2	1	5	16
32	44+180	6	18	20	6
33	44+680	2	1	2	2
34	45+180	4	9	11	6
35	45+680	5	7	9	8
36	46+180	11	20	6	12

Fuente: Estudio Geotécnico Complementario, Mayo 2003

Cuadro 3.4
Valores de CBR(*)

Nº	Progresiva	Profundidad (m)			
		0.30	0.50	1.00	1.50
1	28+680	9	3	8	21
2	29+180	11	13	6	12
3	29+680	5	5	8	9
4	30+180	8	8	9	8
5	30+680	3	9	25	6
6	31+180	3	7	12	8
7	31+680	3	7	10	8
8	32+180	7	5	12	7
9	32+680	3	5	5	6
10	33+180	3	5	7	5
11	33+680	4	4	7	3
12	34+180	3	3	7	4
13	34+680	3	3	3	3
14	35+180	3	3	3	3
15	35+680	3	3	3	5
16	36+180	3	3	4	3
17	36+680	3	3	8	8
18	37+180	3	3	7	4
19	37+680	3	4	3	5
20	38+180	2	2	7	9
21	38+680	7	7	15	12
22	39+180	11	19		
23	39+680	7	6	7	8
24	40+180	14	7	8	6
25	40+680	3	5	5	4
26	41+180	4	8	9	7
27	41+680	3	5	9	5
28	42+180	3	8	8	7
29	42+680	3	3	11	18
30	43+180	3	3	7	8
31	43+680	3	2	5	11
32	44+180	5	12	12	5
33	44+680	3	2	3	3
34	45+180	4	7	8	5
35	45+680	5	6	7	7
36	46+180	8	12	5	9

Fuente: Estudio Geotécnico Complementario, Mayo 2003

(*) Obtenidos mediante correlación del Índice de Penetración (PI) del PDC y el CBR, usando la ecuación de Bateman.

A continuación se presenta en el cuadro 3.4a una comparación entre los CBR's obtenidos en laboratorio durante la realización del Expediente Técnico y los valores obtenidos aplicando la correlación respectiva a los resultados del Ensayo PDC, en la etapa de evaluación geotécnica:

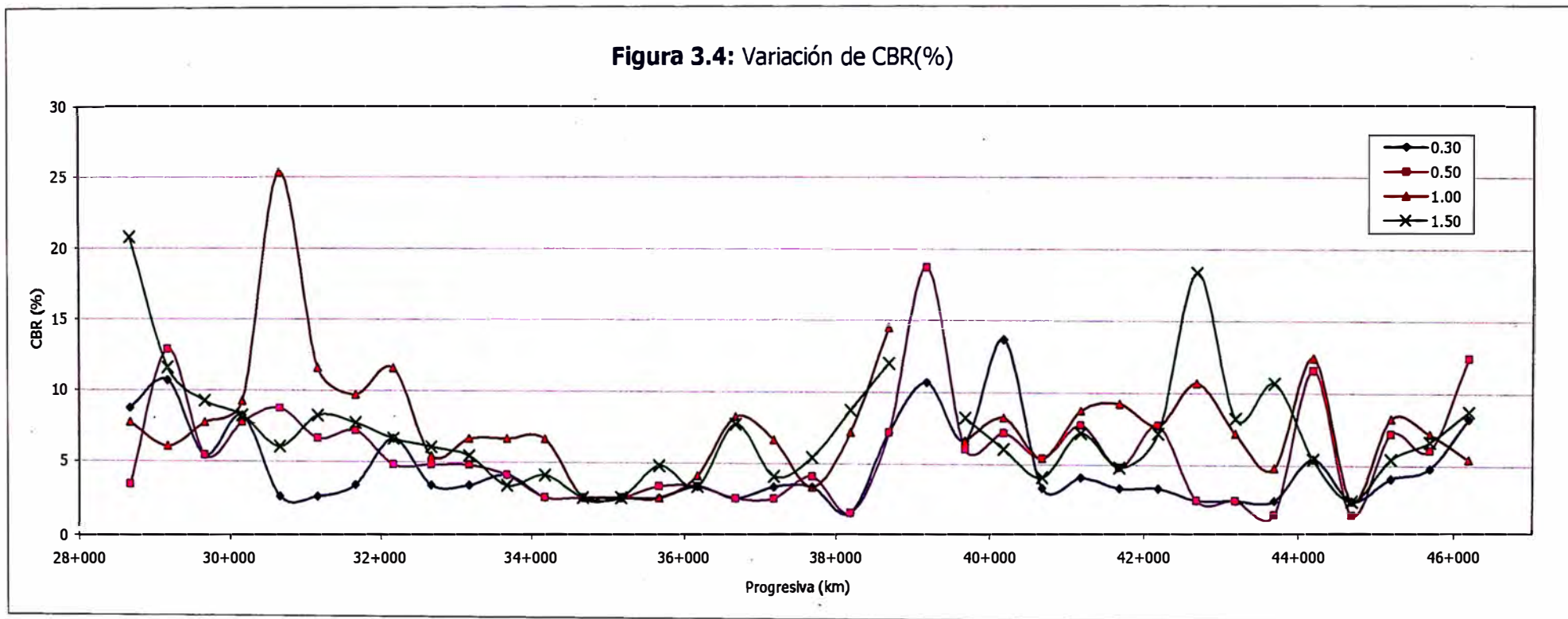
Cuadro 3.4a
Comparación entre CBR de laboratorio (Exp. Técnico) y valores de CBR obtenidos mediante correlación de los ensayos PDC

Nº	Tipo de Ensayo	Progresiva	Prof. (m)	Clasif. SUCS	Valor obtenido de CBR (%)
1	CBR (95%) EXP TEC.	29+000	1.50	SM	10.3
	PDC	29+180	1.50	SP	12.0
2	CBR (95%) EXP TEC.	30+000	1.50	SP	11.4
	PDC	30+180	1.50	ML	8.0
3	CBR (95%) EXP TEC.	32+500	1.50	CL-ML	5.7
	PDC	32+680	1.50	CL	6.0
4	CBR (95%) EXP TEC.	34+000	1.50	CL	4.1
	PDC	34+180	1.50	CL	4.0
5	CBR (95%) EXP TEC.	34+750	1.50	CL	3.7
	PDC	34+680	1.50	OL	3.0
6	CBR (95%) EXP TEC.	36+000	1.50	CL	2.8
	PDC	36+180	1.50	OH	3.0
7	CBR (95%) EXP TEC.	36+750	1.50	CL-ML	6.9
	PDC	36+680	1.50	CL	8.0
8	CBR (95%) EXP TEC.	37+750	1.50	CL	4.4
	PDC	37+680	1.50	CL	5.0
9	CBR (95%) EXP TEC.	40+250	1.50	CL	4.5
	PDC	40+180	1.50	ML	6.0
10	CBR (95%) EXP TEC.	44+750	1.50	CL	2.4
	PDC	44+680	1.50	CL	3.0
11	CBR (95%) EXP TEC.	46+250	1.50	ML	5.6
	PDC	46+180	1.50	SM	9.0

Del cuadro anterior se puede mencionar que para los ensayos efectuados en un mismo tipo de suelo, los valores de CBR obtenidos tanto en laboratorio como de los ensayos PDC, son similares, por lo que podemos concluir que el modelo de correlación empleado es válido para los fines de la presente investigación.

Asimismo, se debe comentar que los valores de CBR, obtenidos del PDC obedecen la correlación de Bateman, la cual vincula el índice de penetración (PI) con el CBR de muestras inalteradas ensayadas mediante la norma ASTM D1883, mientras que el CBR de laboratorio, se realiza mediante la metodología correspondiente y el CBR a utilizar es tomado al 95% de la MDS, cabe indicar además que los suelos en el área de estudio poseen una humedad mayor a la óptima calculada mediante el ensayo de compactación, dando como consecuencia que la densidad de los mismos sea menor a la obtenida del ensayo de compactación, estando en algunos casos cercanos al 95% de la MDS, por lo que los valores de CBR también serán menores.

Figura 3.4: Variación de CBR(%)



3.3 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE CAPA DE TIERRA VEGETAL

Los suelos con contenidos orgánicos se encuentran en regiones donde el nivel freático esta cerca o por arriba de la superficie del terreno. La presencia de un alto nivel freático ayuda al crecimiento de plantas, que al descomponerse, forman suelo orgánico, los que presentan un asentamiento notable. Aparte de su gran compresibilidad derivada de su estructura, los suelos con alto contenido orgánico son indeseables en ingeniería por la posibilidad de descomposición de la materia orgánica.

En el cuadro siguiente, se indican los espesores de esta capa, observada durante la ejecución de las calicatas. En las figuras 3.5 y 3.6, se puede observar la variación y tendencia de espesores a lo largo de la carretera.

Cuadro 3.5
Espesor de capa de tierra vegetal – Sectorización

Progresiva (Km.)		Espesor medio (cm)
Desde	Hasta	
28+500	29+000	20
29+000	29+250	30
29+250	29+500	20
29+500	29+750	80
29+750	30+000	20
30+000	32+000	30
32+000	32+500	25
32+500	34+000	30
34+000	34+250	40
34+250	35+000	30
35+000	35+250	40
35+250	42+000	30
42+000	42+750	20
42+750	46+250	30
46+250	46+605	20

Fuente: Estudio Geotécnico Complementario, Mayo 2003

Como se puede apreciar en los cuadros, el espesor fluctúa entre 20 y 80 cm., con una media ponderada de 28.35 cm. En las figuras 3.5 y 3.6 se puede observar que efectivamente, los espesores tienen una tendencia a valores cercanos a los 30 cm. El espesor final de tierra vegetal y eliminación, debe comprobarse finalmente, en obra.

Esta afirmación, es discordante con lo indicado en el Expediente Técnico, donde se considera un espesor de 5 cm. de la capa superficial de tierra vegetal.

Por otro lado, se han realizado Ensayos para la determinación del contenido de Materia Orgánica, cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.6 y la figura 3.7.

Figura 3.5: Espesor de la Capa de Tierra Vegetal (km 28+625 a km 46+605)

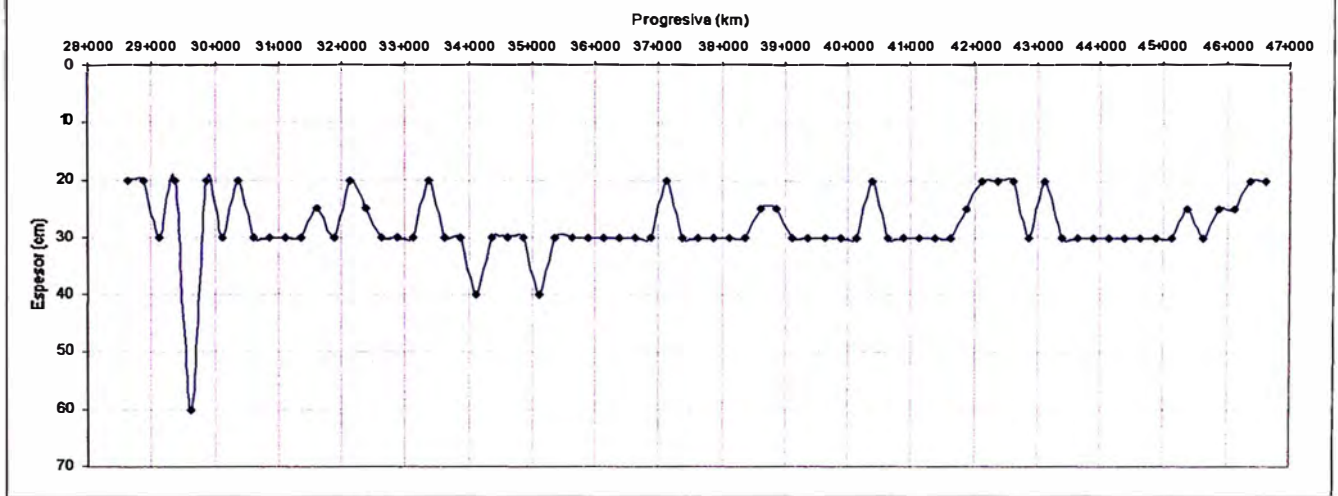


Figura 3.6: Tendencia de Espesores de la Capa de Tierra Vegetal (km 28+625 a km 46+605)

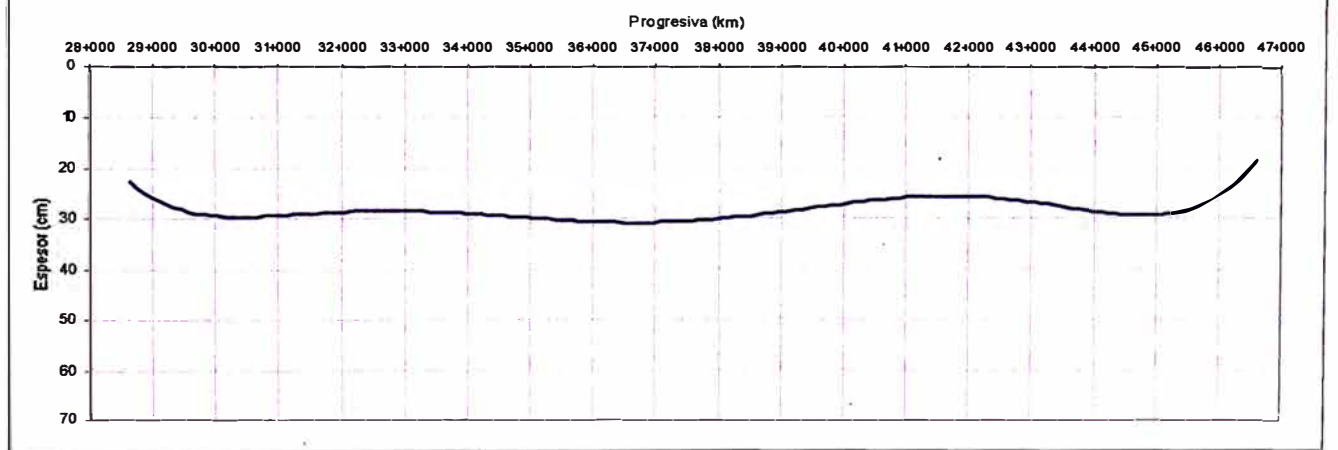
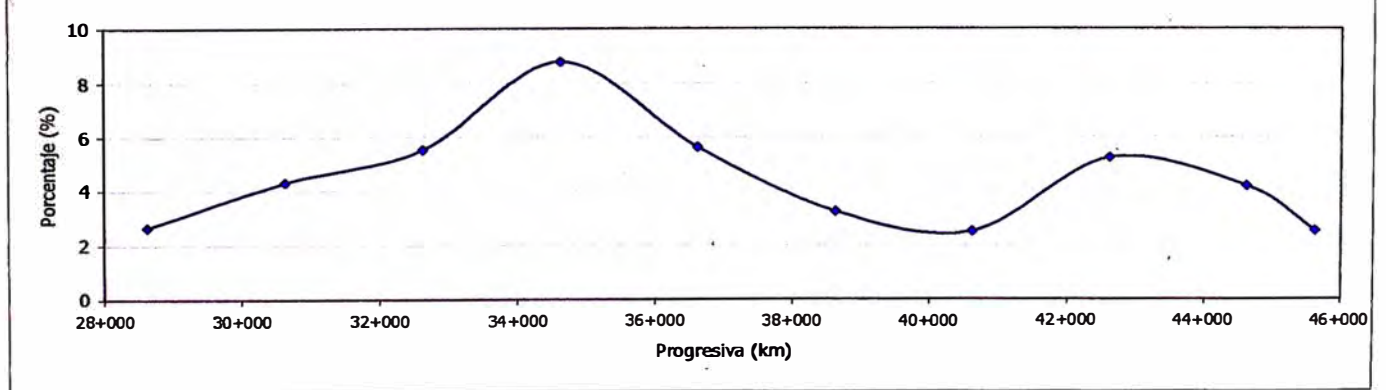


Figura 3.7: Contenido de Materia Orgánica



Cuadro 3.6
Contenido de Materia Orgánica

Calicata	Progresiva	Mat. Org.(%)
1	28+625	2.67
9	30+625	4.34
17	32+625	5.54
26	34+625	8.77
33	36+625	5.62
41	38+625	3.26
49	40+625	2.52
57	42+625	5.24
65	44+625	4.19
69	45+625	2.54

Fuente: Estudio Geotécnico Complementario, Mayo 2003

Como se puede observar, el contenido varía entre 2.5 y 8.8%, con valores menores hacia el inicio del tramo y alrededor de la progresiva 40+000. Los mayores valores se observan entre las progresivas 33+000 y 37+000, así como entre las progresivas 42+000 y 44+000. Cabe mencionar que en todos los casos (calicatas), se observa la presencia de raíces.

En el anexo 5 se adjunta el Registro del Ensayo correspondiente, efectuado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería, así como los ensayos realizados en el laboratorio de obra para los sectores km. 33+500 – km. 37+500.

Según el Estudio de Suelos del Expediente Técnico, que la capa superficial estaría conformada por suelos de naturaleza granular gruesa (arenas, gravas), aspecto que difiere sustancialmente con la realidad. En tal sentido, podría asumirse que las calicatas correspondientes al Expediente Técnico fueron ejecutadas sobre la vía existente o muy próxima a ella, de manera que la capa superficial correspondería al material de lastrado.

El problema de la capa de tierra vegetal es que ésta prácticamente se encuentra en estado suelto, propenso a sufrir deformaciones por el peso del terraplén y las cargas actuantes; por otra parte, la tierra vegetal sufre degradaciones con el tiempo, con la descomposición de sus componentes.

3.4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

La información contenida en el cuadro 3.1 "Resultados de Ensayos de Laboratorio – Investigación Geotécnica Complementaria", ha sido analizada en cada caso, tendiente a asignar a cada sub-tramo, parámetros geotécnicos válidos.

- Porcentaje de material menor a 0.74 mm (malla N° 200) (ASTM C-117)
- Límites de Consistencia (ASTM D-4318)
- Índice de Consistencia
- Índice de Liquidez
- Clasificación SUCS y AASHTO
- Densidad natural (ASTM D-1556)
- Porcentaje de Humedad (ASTM D-2216)

Con los valores de los Límites de Consistencia y Humedad Natural de los diferentes suelos subyacentes a la capa de tierra vegetal podemos determinar los parámetros que califican a los suelos de fundación, según los Índices de Consistencia y de Liquidez explicados anteriormente.

3.4.1 Tipos de suelo

Se adjunta a continuación (figura 3.8), un perfil estratigráfico, donde para un mejor entendimiento, se ha simplificado en 2 tipos de suelos según su naturaleza, es decir, suelos finos (CH, CL, ML, CL-ML) y suelos granulares (SP, SM, SP-SM, SP-SC). De manera general, se puede afirmar que los suelos confortantes de la fundación de los terraplenes son de naturaleza fina (arcilla, limos) y en algunos casos, con presencia de suelos orgánicos, a excepción del tramo 28+900 – 29+900 donde serían de naturaleza granular (arenas). El perfil estratigráfico del tramo se presenta en el anexo 6: Perfil Estratigráfico – Investigación Geotécnica Complementaria.

Del perfil estratigráfico se pueden diferenciar dos estratos:

- **Estrato Superficial:** Este estrato, de espesor variable entre 20 y 80 cm (promedio 28.35 cm), está conformado por tierra vegetal, con presencia de raíces y contenido variable de materia orgánica entre 2.5 y 8.8%. Este material no es apto como apoyo de los terraplenes, con lo cual debe ser eliminado y sustituido por materiales adecuados.
- **Estrato Inferior:** De manera general este estrato tiene una potencia de alrededor 1.5 m. En el cuadro siguiente, se muestran los tipos de suelos conformantes de este estrato.

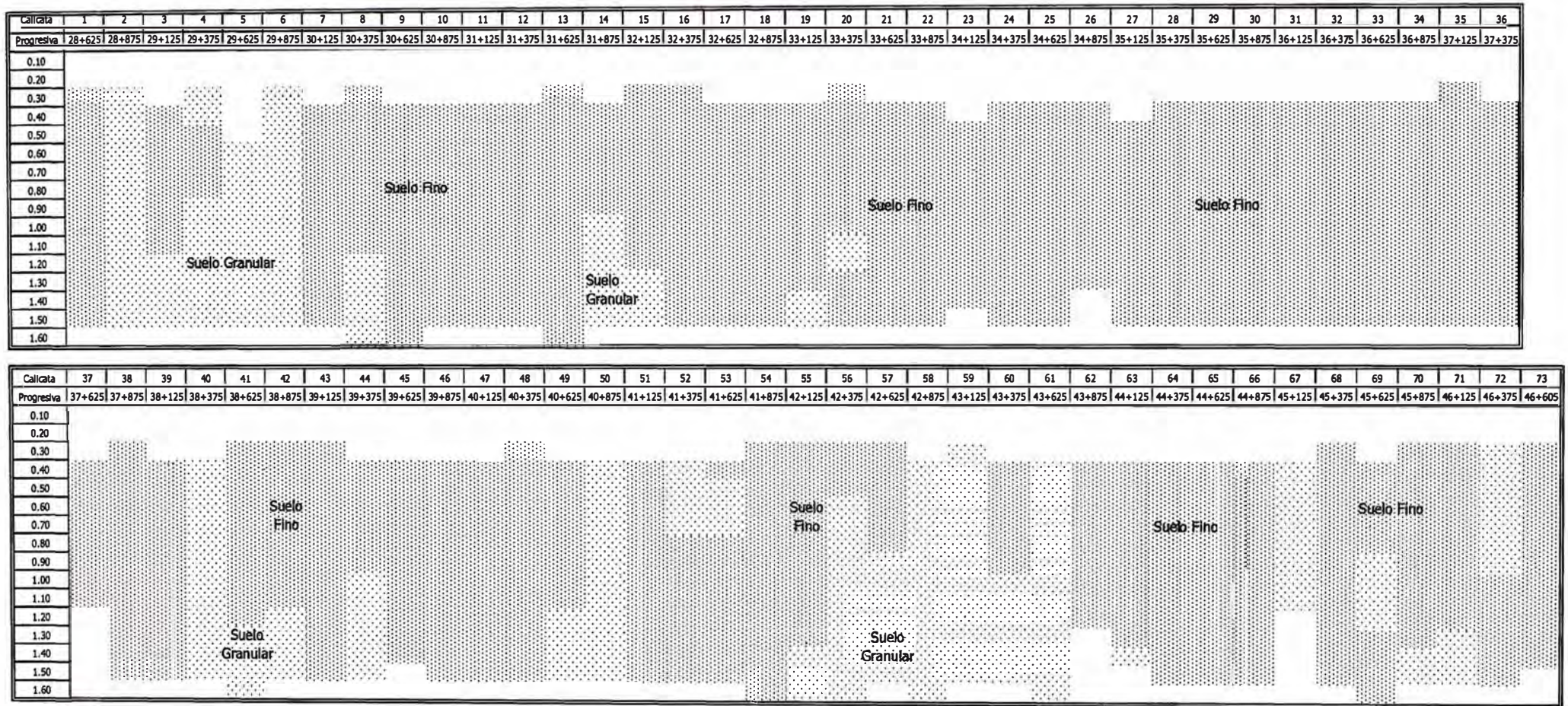
Cuadro 3.7
Tipos de suelos – estrato inferior

Progresiva (km.)		Tipo Suelo
Desde	Hasta	
28+500	28+800	Fino
28+800	29+900	Granular
29+900	39+000	Fino
39+000	44+000	Intercalaciones de suelos finos y granulares
44+000	46+600	Fino. Se observan algunas intercalaciones con suelos granulares

Fuente: Estudio Geotécnico Complementario, Mayo 2003

Entre las progresivas km. 33+500 – km. 37+500 el suelo está compuesto por suelos orgánicos (OL, OH) y entre las progresivas km. 42+680 – km. 46+605 el suelo está compuesto por intercalaciones de suelos finos (CL, ML, CL-ML) y granulares (SM, SP, SP-SM, SP-SC).

Figura 3.8: Perfil Estratigráfico (Investigación Geotécnica Complementaria)



LEYENDA:



- : SUELOS FINOS (CL, ML, CL-ML, CH, OL, OH, MH)
- : SUELOS GRANULARES (SP, SM, SP-SM, SC, SC-SM, GP-GM)

Figura 3.9: Variación del Contenido de Humedad a 1.5 m prof.
Expediente Técnico

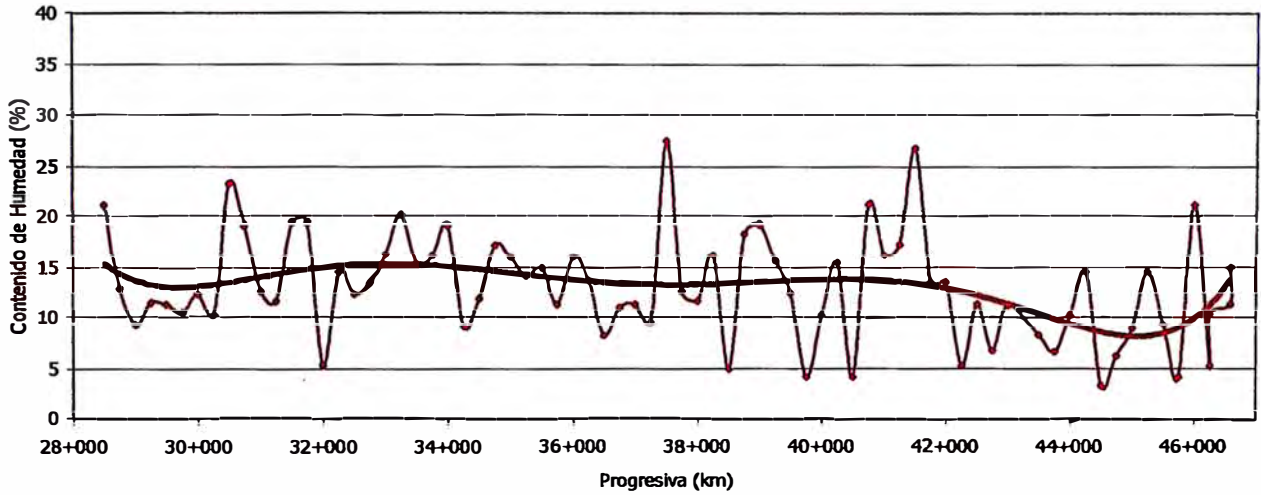


Figura 3.10: Variación del Contenido de Humedad a 1.5 m prof.
Investigación Geotécnica Complementaria

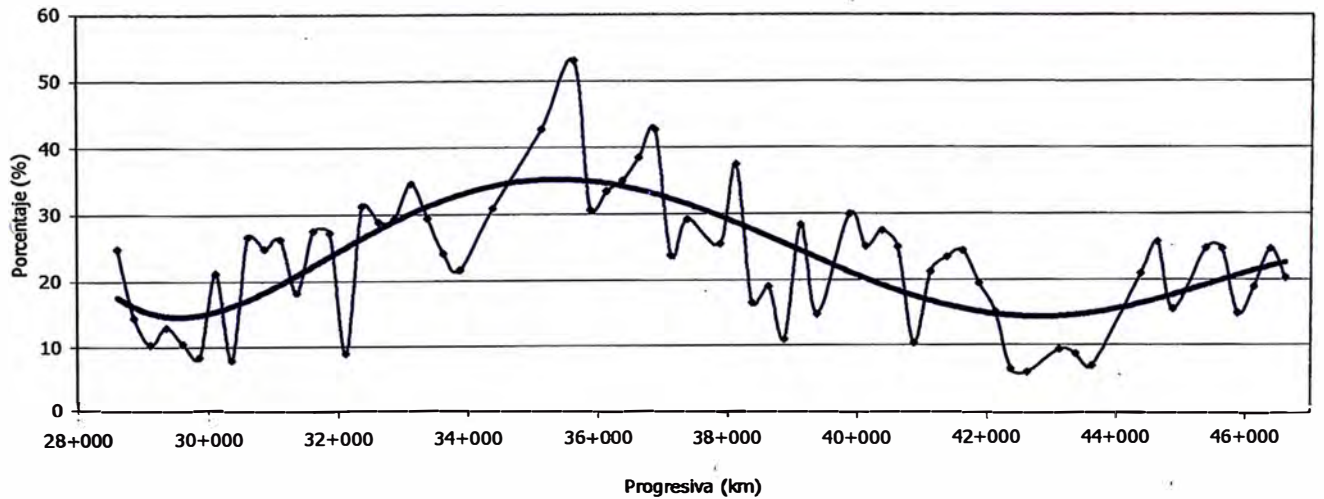


Figura 3.11: Variación del Límite Líquido a 1.5 m prof.
Expediente Técnico

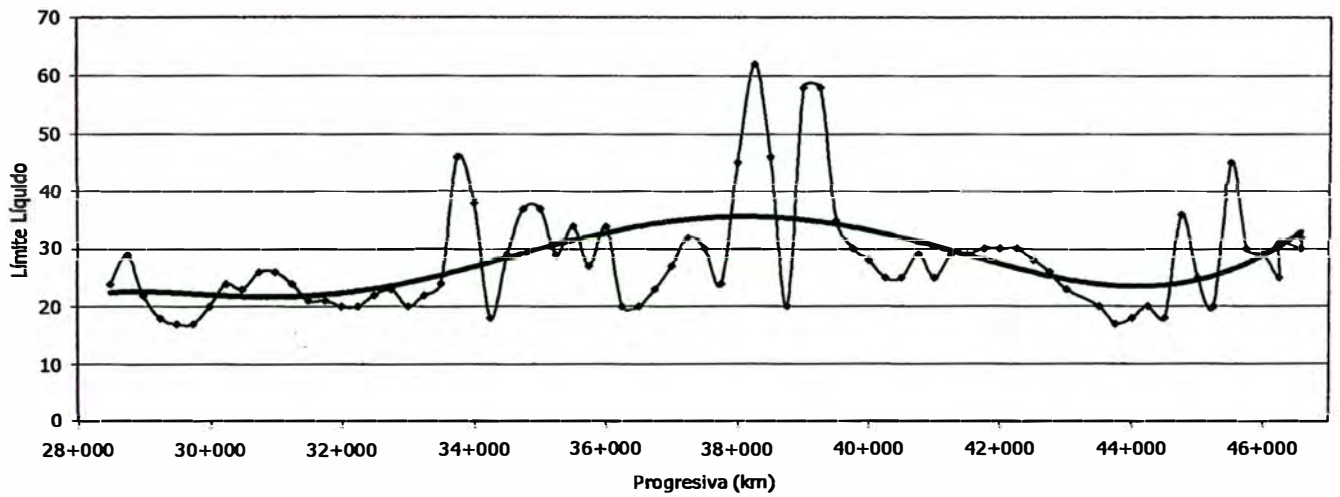


Figura 3.12: Variación del Límite Líquido a 1.5 m prof.
Investigación Geotécnica Complementaria

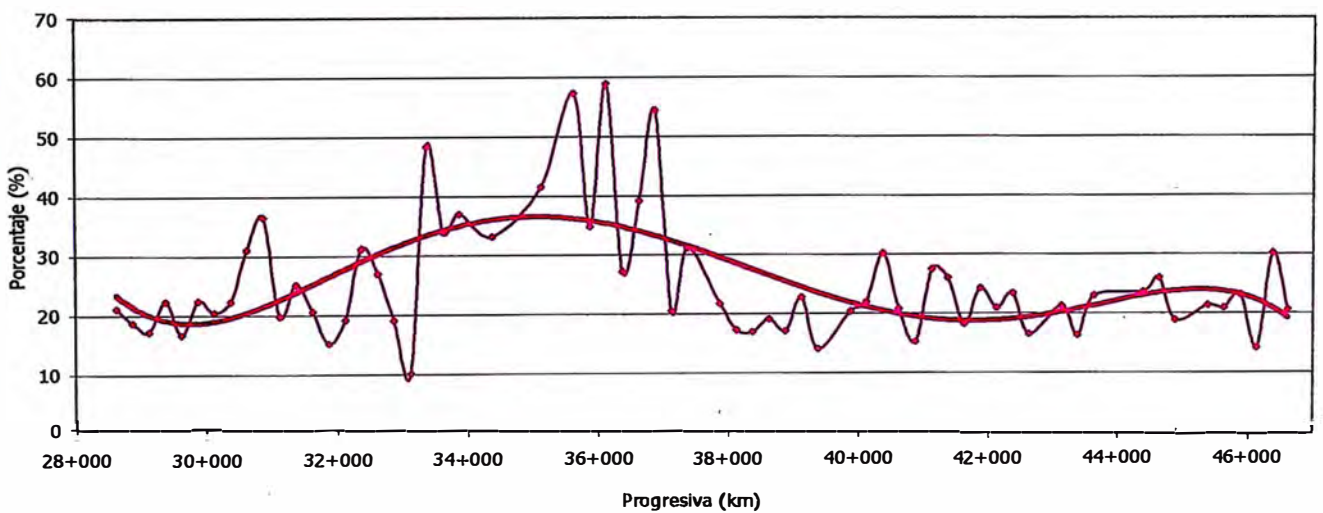


Figura 3.13: Variación del Contenido de Humedad / Límite Líquido, a 1.5 m prof.
Investigación Geotécnica Complementaria

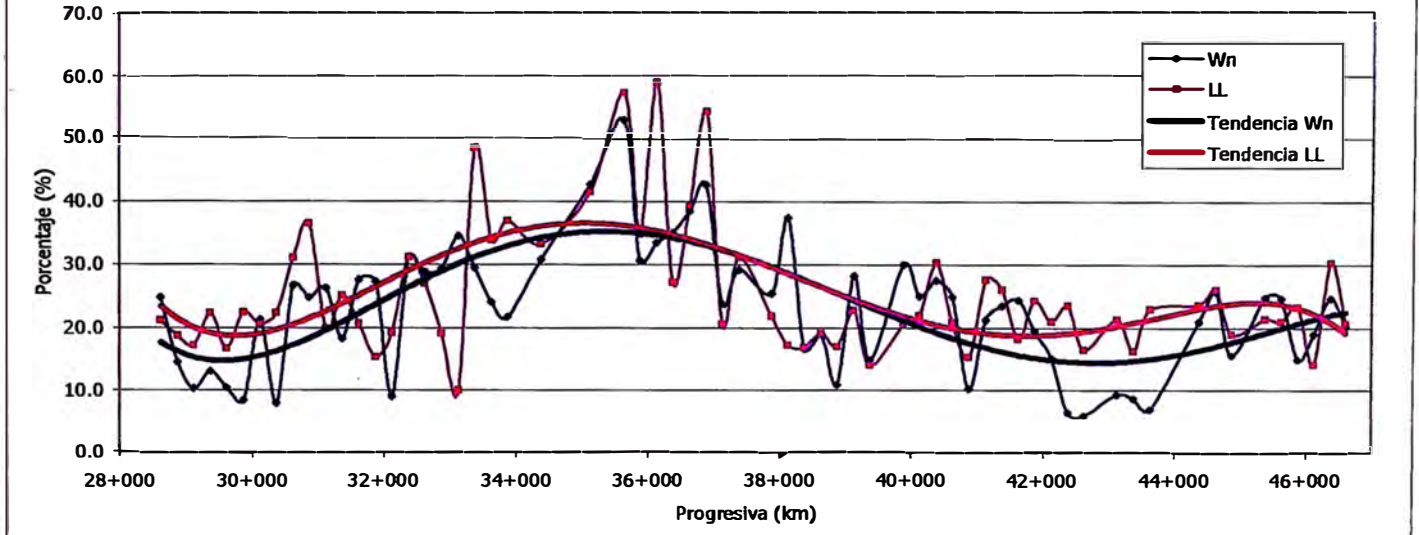
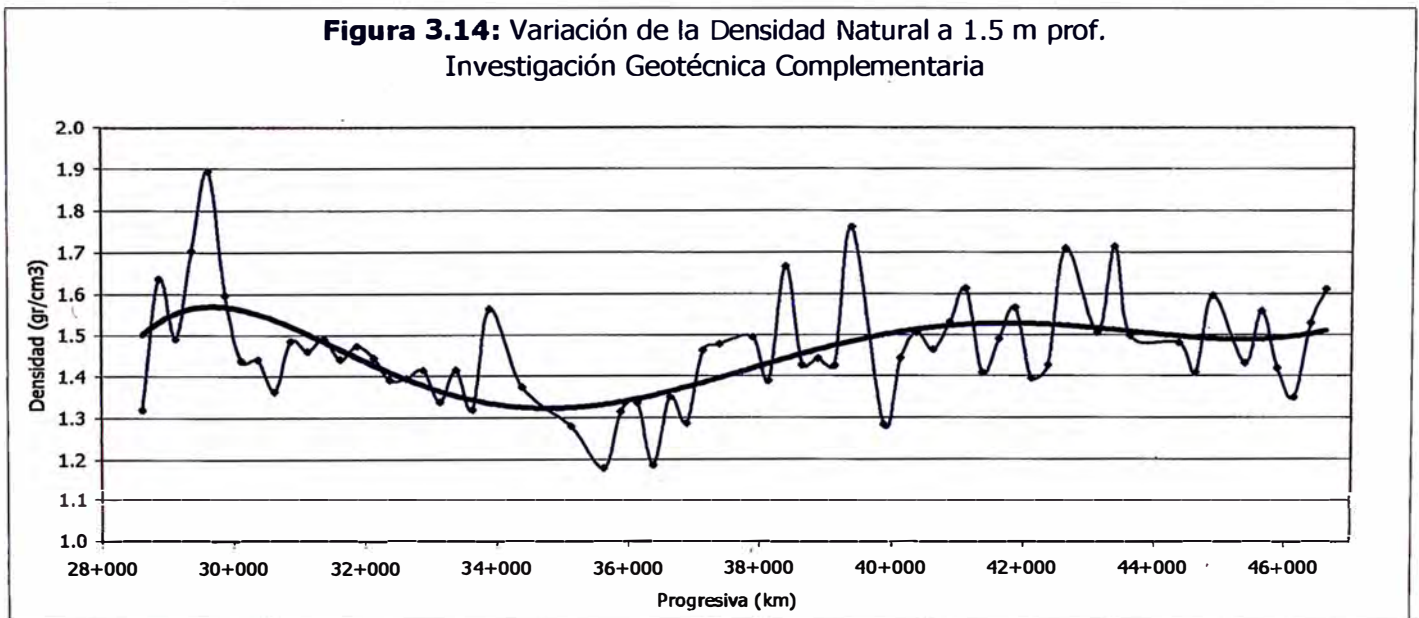


Figura 3.14: Variación de la Densidad Natural a 1.5 m prof.
Investigación Geotécnica Complementaria



De acuerdo con el Expediente Técnico (Enero 2002) (figura 3.9), la humedad de los suelos oscilaría entre 10 y 20%, mientras que la humedad en la investigación complementaria (abril 2003) oscila entre 10 y 30% (figura 3.10). Esta diferencia puede establecerse en base a que la exploración geotécnica correspondiente al Expediente Técnico se llevó a cabo en enero de 2002, antes de la época de lluvias, mientras que la Investigación Geotécnica complementaria se ha llevado a cabo posterior a la época de lluvias (abril 2003).

Asimismo, el Límite Líquido a lo largo del proyecto varía entre 15% y 60%, aunque la tendencia de variación según la investigación complementaria oscila entre 20% y 35% (figuras 3.11 y 3.12). Una comparación entre la variación del Límite Líquido con el Contenido de Humedad de los suelos (figura 3.13), nos indica que entre las progresivas 32+000 y 41+000, los valores son relativamente similares, de manera que la consistencia de tales materiales sería blanda. En los demás tramos, la diferencia entre ambos es de alrededor 5%, que indicaría así mismo una consistencia ligeramente menos blanda.

La Densidad Natural de los suelos oscila entre 1.2 y 1.9 tn/m³ aunque la tendencia de variación oscila entre 1.3 y 1.6 tn/m³ (figura 3.14).

3.4.2 Capacidad Portante

Una primera estimación de las características de resistencia de los suelos, puede obtenerse a través de los Índices de Consistencia y Liquidez.

El Índice de Consistencia, nos permite determinar el grado de consistencia de los suelos, desde muy blandos a muy duros. En la figura 3.15, se puede apreciar la variación del Índice de Consistencia a lo largo del Proyecto. Como se puede observar, de manera general, este índice varía entre 0 y 1, lo cual indicaría una consistencia que varía entre blanda a media. Se tienen sin embargo, algunas zonas con Índices menores de 0, indicando una consistencia muy blanda.

En el cuadro siguiente, se presenta una sectorización de los materiales según su Índice de Consistencia y las acciones recomendadas:

Figura 3.15: Variación del Índice de Consistencia

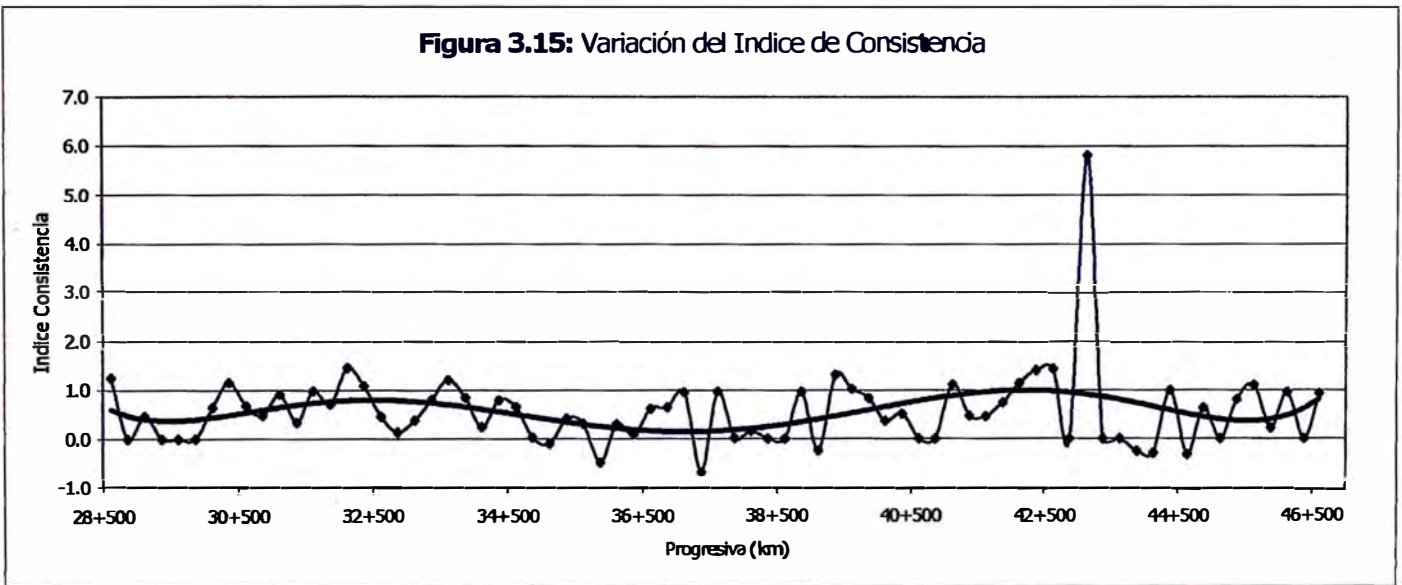
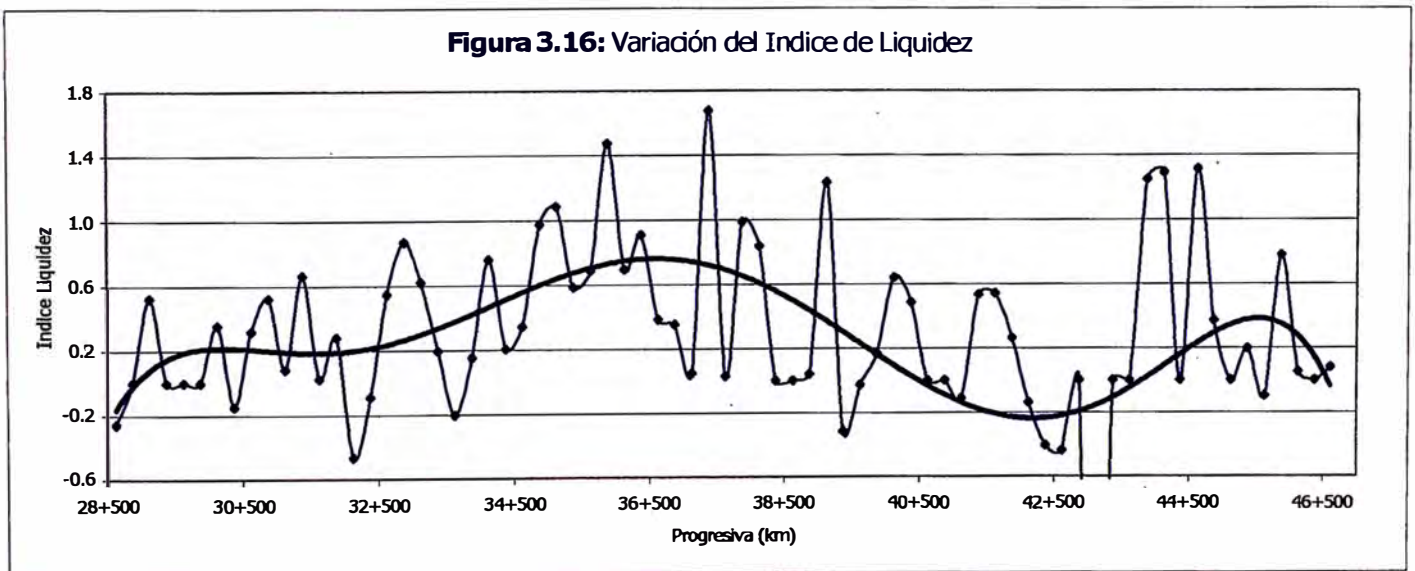


Figura 3.16: Variación del Índice de Liquidez



Cuadro 3.8
Sectorización de suelos en función del Índice de Consistencia

Progresiva		IC	Consistencia	Acción
Desde	Hasta			
28+500	34+700	$0.5 < IC < 1$	Media	
34+700	35+200	$IC < 0$	Muy Blanda	Eliminación y Sustitución
35+200	35+700	$0 < IC < 0.5$	Blanda	
35+700	35+900	$IC < 0$	Muy Blanda	Eliminación y Sustitución
35+900	36+200	$0 < IC < 0.5$	Blanda	
36+200	36+500	$0 < IC < 0.5$	Blanda	
36+500	37+200	$0.5 < IC < 1$	Media	
37+200	37+500	$IC < 0$	Muy Blanda	Eliminación y Sustitución
37+500	37+700	$0.5 < IC < 1$	Media	
37+700	38+000	$IC < 0$	Muy Blanda	Eliminación y Sustitución
38+000	39+000	$0.5 < IC < 1$	Media	
39+000	39+300	$IC < 0$	Muy Blanda	Eliminación y Sustitución
39+300	43+700	$0.5 < IC < 1$	Media	
43+700	44+300	$IC < 0$	Muy Blanda	Eliminación y Sustitución
44+300	44+500	$0.5 < IC < 1$	Media	
44+500	44+700	$IC < 0$	Muy Blanda	Eliminación y Sustitución
44+700	46+600	$0.5 < IC < 1$	Media	

Fuente: Estudio Geotécnico Complementario, Mayo 2003

El comportamiento esfuerzo-deformación de un suelo cohesivo depende de la cantidad de agua que alberga en sus poros. El Índice de Liquidez (IL) de un suelo nos permite saber si su comportamiento es similar al de un sólido frágil, plástico, o líquido.

Si el Índice de Liquidez es menor que cero ($IL < 0$), el suelo se comporta como un sólido frágil. Si está entre cero y uno ($0 < IL < 1$), el suelo tendrá un comportamiento plástico. Si el índice de liquidez es mayor de uno ($IL > 1$), el suelo se comportará esencialmente como un líquido viscoso.

En la figura 3.16, se puede observar la variación del Índice de Liquidez a lo largo del Proyecto. Como se puede observar, los Índices de Liquidez son generalmente menores de 1, aunque con algunos tramos donde es superior a 1, con lo cual su comportamiento será como un líquido viscoso. Cuando el Índice de Liquidez alcanza valores superiores a la unidad, se degrada la resistencia del suelo completamente, y como consecuencia, altera sus propiedades plásticas haciendo fluir al suelo como si fuese un líquido.

En tal sentido, los suelos con Índice de Liquidez mayores a 1, se consideran no aptos para su utilización como base de los terraplenes, con lo cual, deben ser eliminados y reemplazados por materiales adecuados. De ejecutarse los terraplenes sobre estos suelos, se producirían asentamientos importantes a corto plazo. Existen otros métodos de tratamiento de estos suelos, pero se considera a la eliminación y sustitución como la alternativa con la mejor garantía de calidad y menor presupuesto de ejecución.

En el cuadro siguiente, se presenta una sectorización de los materiales según su Índice de Liquidez y las acciones recomendadas:

Cuadro 3.9
Sectorización de suelos en función del Índice de Liquidez

Progresiva (Km.)		IL	Comportamiento	Acción
Desde	Hasta			
28+500	34+700	$0 < IL < 1$	Plástico	
34+700	35+200	$IL > 1$	Fluido	Eliminación y Sustitución
35+200	35+700	$0 < IL < 1$	Plástico	
35+700	35+900	$IL > 1$	Fluido	Eliminación y Sustitución
35+900	36+200	$0 < IL < 1$	Plástico	
36+200	36+500	$IL > 1$	Fluido	Eliminación y Sustitución
36+500	37+200	$0 < IL < 1$	Plástico	
37+200	37+500	$IL > 1$	Fluido	Eliminación y Sustitución
37+500	37+700	$0 < IL < 1$	Plástico	
37+700	38+000	$IL > 1$	Fluido	Eliminación y Sustitución
38+000	39+000	$0 < IL < 1$	Plástico	
39+000	39+300	$IL > 1$	Fluido	Eliminación y Sustitución
39+300	43+700	$IL < 0$	Sólido frágil	
43+700	44+300	$IL > 1$	Fluido	Eliminación y Sustitución
44+300	44+500	$0 < IL < 1$	Plástico	
44+500	44+700	$IL > 1$	Fluido	Eliminación y Sustitución
44+700	46+600	$0 < IL < 1$	Plástico	

Fuente: Estudio Geotécnico Complementario, Mayo 2003

Respecto de los parámetros de resistencia, se ha evaluado la información obtenida de los Ensayos PDC, obteniéndose mediante correlaciones los valores de CBR.

Respecto de la Capacidad Soporte de los suelos, se ha obtenido los valores de CBR inalterado, a través de los resultados del ensayo PDC, en el cuadro adjunto, se puede observar la variación de los valores CBR, a lo largo de la carretera. En el anexo 4 se adjuntan los registros de estos ensayos.

Cuadro 3.10
Valores de C.B.R. (Sectorización)

Profundidad (m)	Progresiva (km.)		CBR (%)
	Desde	Hasta	
0.3	28+500	30+000	8
	30+000	30+500	8
	30+500	38+500	3
	38+500	40+500	10
	40+500	46+600	4
0.5	28+500	32+000	7
	32+000	38+500	3
	38+500	42+500	8
	42+500	44+000	2
	44+000	46+600	8

Profundidad (m)	Progresiva (km.)		CBR (%)
	Desde	Hasta	
1.0	28+500	30+500	8
	30+500	32+500	15
	32+500	34+500	6
	34+500	36+500	3
	36+500	38+000	6
	38+000	46+600	8
1.5	28+500	32+000	10
	32+000	33+000	6
	33+000	38+000	4
	38+000	40+000	10
	40+000	42+000	6
	42+000	44+000	11
	44+000	46+600	6

Fuente: Estudio Geotécnico Complementario, Mayo 2003

De acuerdo con estos resultados, se puede afirmar de manera general, que en los tramos km. 30+500 – 38+500 y km. 40+500 – 46+600, el CBR de los suelos de fundación es bajo, con respecto a su capacidad para soportar terraplenes de envergadura, asimismo, de cuadros anteriores se puede apreciar que los suelos confortantes de estos sectores tienen una consistencia de blanda a muy blanda.

3.4.3 Vía Existente – Lastrado

Se han realizado calicatas sobre y a ambos lados de la vía existente, con la finalidad de determinar las características del afirmado existente.

El material conformante del afirmado existente, es un material de lastrado, granular de granulometría y compacidad muy variable. Tal como indica el Expediente Técnico, el lastrado se realizó al aperturar la vía, que consistió en una eliminación de la vegetación superficial (sin eliminación de la capa de tierra vegetal, en algunos tramos) y posterior lastrado con material de la zona. El espesor actual de este lastrado oscila entre 10 y 40 cm, tal como se aprecia en el cuadro siguiente:

Cuadro 3.11
Espesor de lastrado existente

Calicata	Progresiva	Espesor (cm)
2.a	33+500	25
2.b	33+500	25
3.a	34+000	20
3.b	34+000	20
4.a	34+500	25
4.b	34+500	30
5.a	35+000	25
5.b	35+000	20
6.a	35+500	10

Calicata	Progresiva	Espesor (cm)
6.b	35+500	10
7.b	36+000	20
8.b	36+500	30
9.b	37+000	30
10.b	37+500	40

Fuente: Estudio Geotécnico Complementario, Mayo 2003

El proyecto considera la utilización de este lastrado como parte integrante de los terraplenes. Sin embargo, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- De manera general, se observa debajo del lastrado existente, la presencia de raíces y tierra vegetal. Este material, con contenido de materia orgánica variable entre 2.5% y 8.8% es susceptible de deformaciones importantes, razón por la cual debe ser eliminado.
- El material de lastrado, no presenta una granulometría uniforme, con zonas con exceso de finos y humedad, considerándose no apto para su utilización como base de los terraplenes.
- El material de lastrado, no presenta una densidad uniforme, siendo estos valores bajos, considerándose su eliminación durante la realización de la obra.

En tal sentido, se considera que el pavimento existente (lastrado), no es apto como base de los terraplenes, recomendándose su eliminación, al menos en aquellos sectores donde exista tierra vegetal debajo del lastrado. A esto se suma las diferentes capacidades de soporte entre la capa de lastrado (material granular consolidado por el tráfico) y las capas adyacentes las lastrado, compuestas generalmente por suelos finos de menor capacidad portante (ver perfil estratigráfico, anexo 6).

En la actualidad, se han presentado deformaciones, ahuellamientos y agrietamientos en la vía existente, en el sector comprendido entre las progresivas km. 33+500 – km. 37+500, por lo que en dicho sub tramo se debe proceder, de acuerdo a lo expuesto, a remover el lastrado colocado en dicho sector y la capa de tierra vegetal ubicada debajo de este material, a fin de garantizar una fundación estable para el terraplén proyectado.

3.4.4 Zonas de Corte y Terraplenes de baja altura

En el "Estudio de Suelos, Canteras, Fuentes de Agua y Diseño de Pavimento" incluido en la Memoria Descriptiva del Expediente Técnico, en el numeral 6.3 Capacidad de Soporte (C.B.R.) del Suelo de Fundación se señala que *"debido a que el proyecto se encuentra en una zona fácilmente inundable se ha considerado la elevación de la subrasante mediante rellenos, prácticamente en la totalidad del tramo en estudio, por lo que se empleará para el Diseño del Pavimento el valor de la Capacidad de Soporte del material de préstamo..."*¹, luego concluye: *"por lo tanto para el Diseño del Pavimento tomaremos como C.B.R. de la subrasante el valor de 33.1%"*².

¹ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Expediente Técnico "Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja – Azángaro Tramo Km 28+500 – Km 46+605", Volumen I: Memoria Descriptiva, 2002, p. 23.

² Idem, p. 23.

Tal como se puede apreciar, el diseño del pavimento partió de la hipótesis que la conformación de la subrasante se haría por medio de terraplenes, sin embargo al efectuarse el replanteo de obra, existen sectores perfectamente identificados de corte, en los cuales los suelos confortantes de la subrasante, tal como se analizara anteriormente se caracterizan por su baja capacidad de soporte, con valores muy por debajo del considerado en el diseño del pavimento.

A fin de corroborar las características de los suelos en estos sectores de corte se han efectuado las prospecciones correspondientes a nivel de subrasante, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 3.12
Resumen de calicatas en zonas de Corte a nivel de Subrasante

N°	Km	Capa	Prof. (m)	Lado	Límites Consistencia			I _c	I _L	Clasificación		Hum. Natural %	Max. Dens. Seca.		CBR	
					LL	LP	IP			SUCS	AASHTO		MDS (gr/cm ³)	% Hum	95%	100%
1	43+020	01	0.00-1.50	Eje	17.5	NP	NP			SP	A-1-b(0)	8.1	1.789	13.5	20.0	32.1
2	43+300	01	0.00-1.80	Eje	16.9	NP	NP			SM	A-1-b(0)	7.0	2.066	7.8	35.5	54.3
3	43+640	01	0.00-0.80	Eje	18.3	NP	NP			ML	A-4(8)	10.5	1.863	14.1	8.9	13.1
		02	0.80-1.60	Eje	17.8	NP	NP			SM	A-2(4)	9.2	2.065	8.5	25.5	47.1
4	43+880	01	0.00-1.60	Eje	18.4	NP	NP			GW	A-1-a(0)	4.1	2.047	8.6	37.5	53.6
5	44+240	01	0.00-1.90	Eje	32.5	16.5	16.0	0.70	0.30	CL	A-6(11)	21.2	1.768	16.5	1.6	3.2
6	44+620	01	0.00-1.90	Eje	26.8	19.3	7.5	0.34	0.66	CL	A-4(9)	24.2	1.743	11.0	5.4	10.0
7	45+020	01	0.00-1.50	Eje	26.5	15.5	11.0	0.35	0.65	CL	A-6(9)	22.7	1.880	14.0	2.6	3.8
8	46+080	01	0.00-1.50	Eje	20.2	NP	NP			ML	A-4(5)	19.3	1.786	14.2	4.4	7.7
9	46+340	01	0.00-0.95	Izq	21.2	12.7	8.5	0.65	0.35	SC	A-4(1)	15.6	1.717	14.1	4.4	8.9
		02	0.95-1.50	Izq	31.6	18.7	12.9	0.57	0.43	CL	A-6(9)	24.2	1.622	22.7	3.2	6.1
10	46+320	01	0.00-0.90	Der	32.6	21.5	11.1	0.66	0.34	CL	A-6(9)	25.3	1.796	22.7	3.6	6.9
		02	0.90-1.50	Der	21.2	NP	NP			ML	A-4(8)	24.2	1.751	23.0	6.1	12.1
11	46+600	01	0.00-0.90	Izq	27.0	15.5	11.5	0.69	0.31	CL	A-6(7)	19.1	1.871	14.4	1.7	3.0
		02	0.90-1.50	Izq	21.0	NP	NP			ML	A-4(8)	20.4	1.746	14.4	5.6	13.4

Fuente: Presupuesto Adicional N° 02 "Mayores Metrados por sustitución de material en los sectores km 33+500 – km 37+500 y km 42+860 – km 46+605", Marzo 2004

Como se puede apreciar, en términos generales el C.B.R. de la subrasante en zonas de corte tiene valores muy por debajo del C.B.R. de diseño, por lo que se debe proceder a efectuar una eliminación y sustitución de dichos suelos por material proveniente de cantera, a excepción de los sectores: km 43+250 – km 43+330 que presenta un C.B.R. de 35.5% al 95% M.D.S., y km 43+840 – km 43+880 que tiene un C.B.R. de 37.5% al 95% de la M.D.S., valores que resultan superiores al C.B.R. de diseño (33.1%).

En las Especificaciones Técnicas de la partida 02.01 Corte de Material Suelto, en el acápite "Requerimientos de Construcción", se señala: "en caso de que al nivel de la subrasante se encuentren suelos expansivos y salvo que los documentos del proyecto o el Supervisor determinen lo contrario, la excavación se llevará hasta un metro por debajo del nivel proyectado de subrasante y su fondo no se compactará. Esta profundidad sobreexcavada se

rellenará y conformará con material que cumpla las características definidas en la Sección 210, Terraplenes".³

Es decir, se indica que los materiales inadecuados deben ser reemplazados, llevando la excavación hasta un metro por debajo de la subrasante, como son los casos en los cuales el C.B.R. sea menos que 33.1%, asumido para el diseño del pavimento.

De manera similar, en los sectores en los cuales los terraplenes son de poca altura con respecto al nivel de terreno natural, se deberá efectuar una sobreexcavación hasta un nivel tal que medido a partir del nivel de subrasante se asegure 1.0 m de altura de material de cantera a fin de garantizar la homogeneidad de la fundación del pavimento.

Finalmente, basados en la Teoría de Boussinesq, quien efectúa los análisis matemáticos de la distribución de esfuerzos en un suelo y principalmente en el esfuerzo vertical, que es el que se utiliza en el cálculo de asentamientos, Raúl Valle Rodas establece que para las investigaciones del subsuelo por debajo de la subrasante, para el caso de carreteras, la carga máxima admitida por rueda de camión es de 4500 kg (9000 kg por eje simple), esta carga da presiones de contacto de 5.0 kg/cm² aproximadamente y este esfuerzo prácticamente se hace nulo a 1.50 m de profundidad, por lo que las investigaciones del subsuelo (terreno de fundación) pueden limitarse a 1.50 m, recomendación que también plantea la AASHTO. En consecuencia, para nuestro caso, resulta importante efectuar la verificación de los diferentes parámetros (índice de consistencia, de liquidez, de plasticidad, etc.) de los terrenos de fundación de terraplenes de alturas menores a 1.00 m, a fin de garantizar la calidad de dichos suelos o en su defecto disponer la sustitución por material selecto proveniente de cantera que satisfaga los requerimientos para dicho fin.

3.5 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MEJORA DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

La construcción de terraplenes en suelos blandos, saturados, causa problemas de capacidad de carga y de asentamientos diferenciales. La capacidad de carga del suelo de cimentación depende de su resistencia al esfuerzo cortante.

Las causas que llegan a provocar fallas generalizadas y/o deslizamientos de taludes están íntimamente ligadas con las propiedades índice y mecánicas de los suelos, como son el contenido de agua, los límites de consistencia, la granulometría, estructura, resistencia, deformabilidad, permeabilidad y cambios volumétricos.

Así, es necesario mejorar la capacidad de carga de los suelos que servirán de soporte a los terraplenes. Una comparación cualitativa típica entre costos relativos entre algunas soluciones indicadas en los párrafos anteriores, se puede apreciar en la figura 3.17 adjunta, obtenida de la Norma "DNER-PRO 381/98 Proyecto de aterros sobre solos moles para Obras Viárias - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Brasil", de ella se puede concluir lo siguiente:

- La sustitución de suelos blandos es más económica para espesores pequeños, en general inferiores a 3 m.

³ Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Expediente Técnico "Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja – Azángaro Tramo Km 28+500 – Km 46+605", Volumen II: Especificaciones Técnicas, 2002, p. 54.

Para espesores de suelo blando hasta 20 m, la solución más económica en general, es el empleo de geodrenes y sobrecarga.

La solución de terraplenes piloteados presenta la ventaja de que no debe esperarse a que los suelos consoliden, pero el periodo de piloteado puede ser grande.

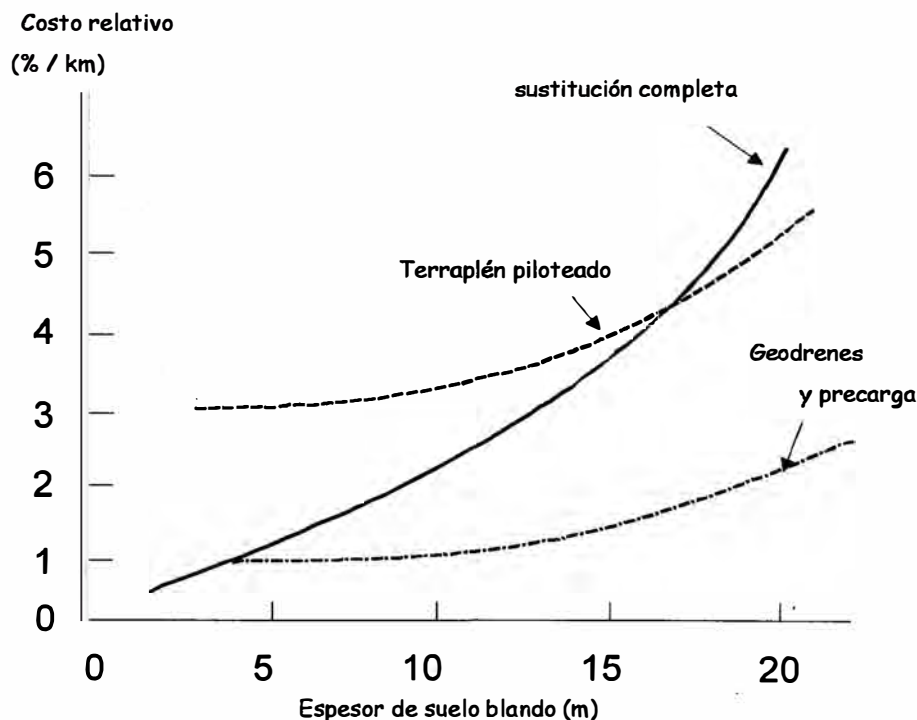


Figura 3.17: Comparación entre costos de alternativas de solución (Norma DNER-PRO 381/98)

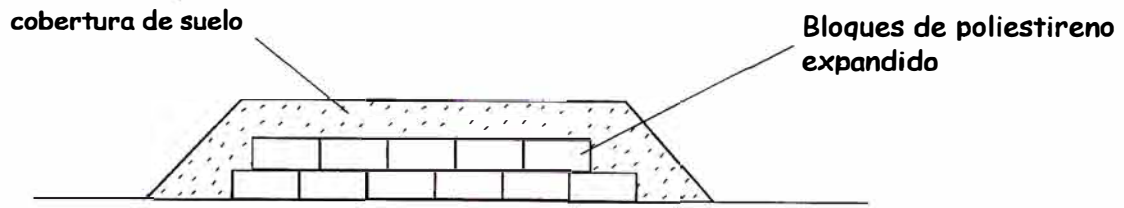
Entre las alternativas de solución, pueden mencionarse las siguientes:

- **Vibro-Compactación ó Vibro-Flotación.** El método de vibro-compactación utiliza vibradores a profundidad para densificar suelos granulares (gravas y arenas limpias). El accionar vibratorio reacondiciona las partículas de suelo en una configuración más densa. Dada las características finas (cohesivas) de los suelos de la subrasante, este método no es aplicable.
- **Vibro-Sustitución.** La tecnología de vibro-flotación aplicada a arenas limosas, limos y arcillas se conoce como vibro-sustitución. El relleno consiste de grava, formando columnas que compactan y refuerzan el suelo. Además las columnas de grava actúan como drenes verticales que disipan las presiones de poro causadas por cargas estructurales ó sísmicas. Así, puede considerarse el empleo de este sistema, dada su gran efectividad en suelos similares a los de los tramos en evaluación. Sin embargo, no se dispone en el país de equipos para la ejecución de este sistema. En consecuencia, éste método no es aplicable.

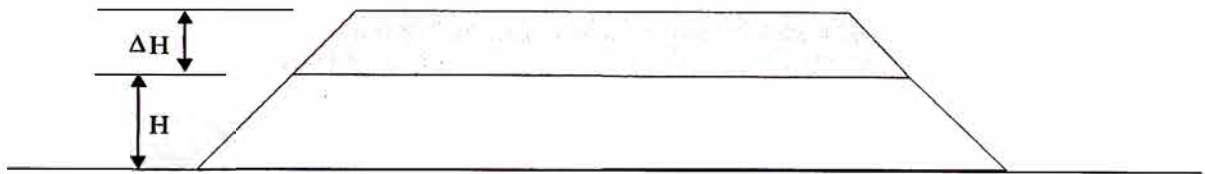
- **Inyecciones Químicas.** La inyección bajo presión de lechadas químicas de baja viscosidad en suelos granulares produce una masa cementada de suelo, con resistencia similar a la de una arenisca. Sin embargo, dada las características finas (cohesivas) de los suelos de la subrasante, la presión de inyección de la lechada química, produciría en la masa de suelo, el fenómeno de fracturación hidráulica, no llegando a mezclarse el suelo con la lechada química, sino que se obtendrían fisuras y fracturas en el suelo rellenas de lechada. Existe sin embargo, el método Soilfrac, en el que la lechada de cemento induce fracturas en la masa de suelo de manera controlada. Se requiere de un monitoreo constante de las presiones y volúmenes inyectados para asegurar que las fracturas inducidas sean locales y que éstas queden totalmente llenas de lechada. Sin embargo, no se dispone de los equipos adecuados en el país, ni se dispone de la debida experiencia. Así, este método no es aplicable.
- **Inyecciones de Compactación.** Contrario a una inyección convencional de lechada fluida que penetra los poros del suelo, la inyección de compactación utiliza un mortero de cemento y arena, formando bulbos de mortero que desplazan y densifican el suelo. Esta técnica es ideal para corregir asentamientos en estructuras causados por suelos o rellenos sueltos. Así, puede considerarse el empleo de este sistema, dada su gran efectividad en suelos similares a los de los tramos en evaluación. Sin embargo, no se dispone en el país de equipos para la ejecución de este sistema, con lo cual no es aplicable.
- **Jet Grouting.** El método de Jet Grouting es efectivo en casi cualquier tipo de suelo, teniendo un espectro más amplio que cualquier otra técnica de inyección. Dicha versatilidad hace del Jet Grouting una herramienta valiosa para reforzar cimentaciones. En este método se utilizan chorros de agua, aire y cemento para formar columnas de suelo – cemento de baja permeabilidad en la geometría deseada. Sin embargo, no se dispone en el país de equipos para la ejecución de este sistema, con lo cual no es aplicable. Por otro lado, el costo de ejecución es elevado comparado con los presupuestos nacionales de construcción.

Compactación Dinámica. Este método contempla la aplicación de una carga dinámica (golpe de una masa, desde una altura determinada). La vibración que se produce reacondiciona las partículas de suelo en una configuración más densa. Esta técnica es aplicable a suelos granulares (arenas). Sin embargo, se reportan aplicaciones sobre suelos cohesivos, aunque la intensidad del tratamiento aumenta (número de puntos de tratamiento, dado que el radio de influencia de la mejora es menor) y la efectividad (profundidad de mejora) es menor. Así, este método podría ser considerado.

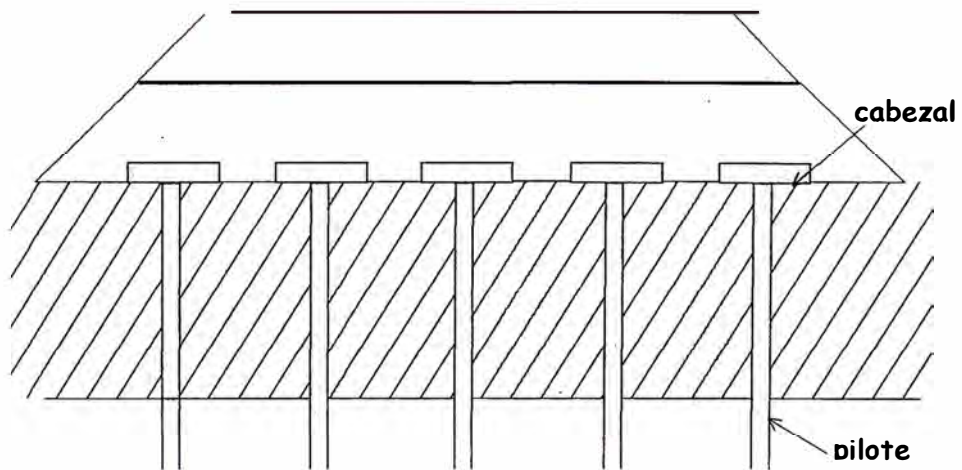
- **Precarga.** Este método consiste en aplicar a la superficie de suelo blando, una carga (relleno) durante un tiempo determinado, de manera que se consiga la consolidación de los suelos blandos. Luego de obtenida la consolidación a los niveles deseados, se retira el material de relleno y se procede con la construcción normal del terraplén. Este sistema es muy efectivo, aunque con el inconveniente de que es necesario disponer de suficiente tiempo para conseguir la consolidación de los suelos. Téngase en cuenta que debe conseguirse un grado de consolidación del al menos 95%. Se reduce el tiempo de aplicación del método, con la ejecución de drenes verticales en la superficie de tratamiento. Así, este método podría ser considerado.



Terraplén aligerado con Poliestireno Expandido



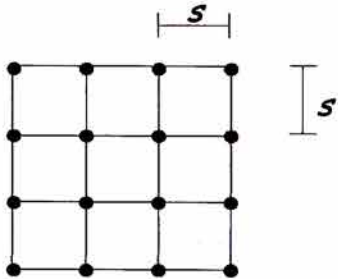
Construcción por Etapas



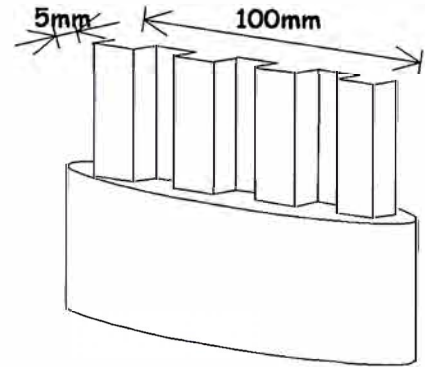
Tratamiento con pilotaje

Figura 3.18: Alternativas para mejora del suelo de fundación

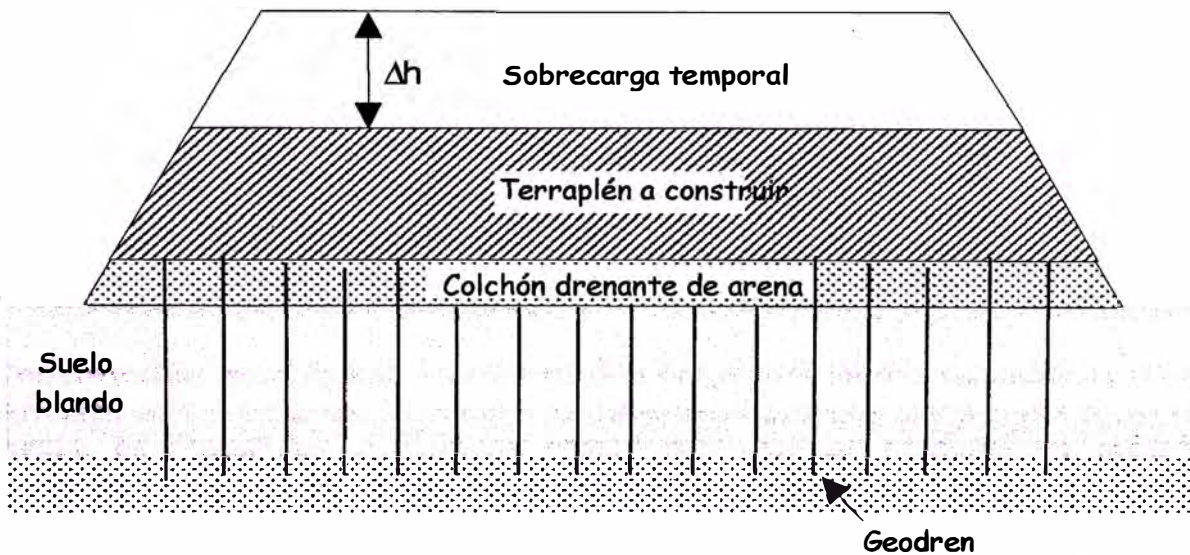
Malla de Geodrenes en planta



Geodren



Detalle de Geodrenes y disposición en malla cuadrada hincada en el terreno



Tratamiento de cimentación con Geodrenes y sobrecarga temporal

Figura 3.19: Alternativas para mejora del suelo de fundación (cont.)

- **Sustitución de los Materiales.** Este método consiste en sustituir los suelos inadecuados por materiales con mejores características de resistencia. Es un sistema de uso extendido y generalmente, el de mejores resultados.
- **Geomallas/Geotextiles.** El empleo de estos materiales proporciona buenos resultados para terraplenes provisionales de obra o con exigencias limitadas. Sobre la superficie de suelo blando (luego del desbroce), se coloca un capa de geotextil, luego del cual se colocan capas de material del cuerpo del terraplén, incluyendo en cada nivel, una capa de geomalla, hasta coronación. Este sistema garantiza la transitabilidad de la carretera, sin embargo, las deformaciones del terraplén pueden ser importantes debido a la consolidación y asentamiento del suelo de cimentación. Aunque no es recomendable este sistema para carreteras de primer nivel, puede considerarse su empleo.
- **Reducción del Peso del Terraplén.** Mediante la utilización de materiales ligeros, puede obtenerse una reducción de la carga que transmite el terraplén a la cimentación. Esta solución es técnicamente viable en una zona próxima a fuentes de materiales de poco peso, como puede ser una Central Termoeléctrica (carbón) que produzca ceniza volante como material de desecho.
Existen experiencias en el mundo de utilización de Poliestireno Expandido como parte integrante del cuerpo del terraplén. Se apila sobre el suelo natural, bloques de poliestireno expandido, hasta el nivel de la capa base, luego del cual se ejecuta el pavimento. En nuestro caso, los terraplenes son de poca altura, con lo cual este sistema no es aplicable. Otra alternativa para reducir la carga del terraplén sobre la cimentación, es reducir la altura de los mismos, sin embargo esto no es siempre posible ni aconsejable. También pueden emplearse baterías de tubos Armco o similares, con la intención de dejar vacíos en el interior del terraplén.

Materiales Ligeros

Material	Peso Específico (kN/m ³)
Poliestireno Expandido	1 a 1.5
Arcilla expansiva expandida	5 a 10
Ceniza volante	10 a 14

- **Construcción por Etapas.** La construcción por etapas implica subdividir la altura del terraplén en 3 ó 4 etapas. La primera es construida hasta una altura crítica pero estable. Luego, es preciso un periodo de espera para que se produzca un proceso de consolidación (disipación de las presiones de poro) y el suelo blando adquiera resistencia. Posteriormente, se procede a una segunda etapa de terraplén y, así sucesivamente. Esta técnica implica periodos largos de espera, que generalmente son inaceptables para un proyecto de carreteras.
- **Geodrenes y Sobrecarga Temporal.** Los geodrenes son elementos drenantes constituidos de materiales sintéticos, de 100 mm de largo y 3 a 5 mm de espesor. Son hincados verticalmente en el terreno, dispuestos en malla, que permita el drenaje y acelere el proceso de consolidación. Cabe mencionar que en el país, no existen equipos para la ejecución de este método, con lo cual no es viable su aplicación.

- **Terraplén Piloteado.** Esta solución pretende transferir la carga del terraplén directamente a un estrato inferior más resistente, evitando el suelo blando y los asentamientos respectivos. Consiste en emplear un conjunto de pilotes, en general prefabricados de concreto armado o madera tratada, dispuestas en malla cuadrada. En la parte superior de los pilotes, se dispone un cabezal de concreto armado (1x1 m o 1.5x1.5 m). Sobre los cabezales, se coloca una cama de material granular o una malla de geotextil, para una mejor distribución de cargas. Luego, es posible ejecutar el terraplén de manera convencional. Los pilotes son diseñados para transmitir toda la carga del terraplén a estratos inferiores más resistentes. Aunque es una técnica eficiente, el costo es generalmente muy elevado.
- **Terraplén de Avance.** Esta técnica consiste en desplazar el suelo blando (inadecuado para cimentación de un terraplén) conforme se ejecuta el terraplén. De acuerdo con Rico & Castillo " cuando el esfuerzo que el terraplén comunica al terreno de cimentación supera la resistencia de éste y cualquier fuerza restrictiva que pueda haber, ocurrirá un desplazamiento de dicho terreno de cimentación en la dirección de la menor resistencia. La intensidad del desplazamiento depende de la relación entre el espesor del estrato blando y la altura y ancho del terraplén y de la magnitud del desequilibrio señalado". Indica que " generalmente, en terraplenes sobre suelos blandos uniformes, una vez que ha comenzado el hundimiento de la estructura y el desplazamiento del suelo blando, el proceso continuará si se mantiene la misma elevación en la corona del terraplén y si se quitan las ondas de lodo que se forman ; Si la altura del terraplén no se aumenta, sino que se mantiene constante, el desplazamiento conducirá a una compensación parcial del peso del terraplén. Si no se remueven las ondas del lodo que se forman a los lados pueden generar la suficiente restricción como para impedir todo ulterior desplazamiento"⁴.
Este sistema exige una sobrecarga que debería ser del orden de varios metros, con lo cual, el método podría considerarse similar al de precarga, comentado anteriormente. Por otro lado, no es posible garantizar algún nivel de calidad del producto terminado. Así, no sería recomendable su utilización, dado que además, no existe experiencia en el país.

Existen otros métodos de mejora del suelo, pero generalmente no se dispone en el país de los equipos ni de la experiencia necesarios. En resumen, para la problemática encontrada en obra, serían de aplicación, los siguientes métodos:

- Compactación Dinámica
- Precarga
- Sustitución de materiales
- Geomallas / Geotextiles

3.5.1 Compactación Dinámica

Como se ha comentado anteriormente, este método contempla la aplicación de una carga dinámica (golpe de una masa que cae desde una altura determinada). La vibración que se produce reacondiciona las partículas de suelo en una configuración más densa.

⁴ Rico Rodríguez, Alfonso y Del Castillo, Hermilo, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Volumen I, Editorial Limusa, México, 1984, p. 131.

La aplicación sobre suelos cohesivos blandos y saturados, tiene resultados menos exitosos, dado que las partículas de arcilla no se reacomodan con las vibraciones. Para que una arcilla consolide, es preciso que pierda agua, la misma que se produce en un proceso lento (consolidación). Sin embargo, se reportan aplicaciones sobre suelos cohesivos, con algún nivel de éxito, dado que la aplicación de la carga dinámica produce en la arcilla una deformación volumétrica en la zona de impacto. En cualquier caso, su aplicabilidad se reduce a suelos con Límites Líquidos menores de 35% e Índices de Plasticidad menores de 20%.

A comparación de su aplicación en suelos granulares, la intensidad del tratamiento en suelos cohesivos debe ser mayor.

En suelos granulares, el radio de influencia máximo de cada tratamiento es del orden de 2 – 3 m y con una profundidad dependiente del peso de la masa y altura de caída. Así, el tratamiento se aplica normalmente en mallas de 4x4 / 6x6 m como máximo.

En suelos cohesivos, el radio de influencia es mucho menor, considerándose que no excede de 1.5 m. Así, la malla de tratamiento no debe exceder de 3x3. Por otro lado, la efectividad del tratamiento en profundidad es del orden del 30% del obtenido en suelos granulares. El proceso va acompañado de ensayos sistemáticos SPT ó Cono Peck, para determinar los incrementos de densidad / resistencia.

A pesar de la efectividad del sistema y, dada la heterogeneidad de los suelos, no es posible garantizar plenamente, la calidad del producto terminado. Así, es de esperar la ocurrencia de asentamientos diferenciales a lo largo de los terraplenes.

En cualquier caso, y a pesar de que no representa el método ideal de mejora para los tipos de suelos tratados, podría considerarse su utilización.

Respecto del costo de tratamiento, deben considerarse los siguientes factores:

- Superficie de tratamiento	:	15,000 m ² aprox.
- Malla de tratamiento	:	3x3
- Puntos de tratamiento	:	6,700
- Puntos de tratamiento/día/grúa	:	20
- Costo horario de Grúa (sobre orugas)	:	US\$ 85 + IGV

Considerando que se emplean 3 grúas, se tiene que el tratamiento tendría un plazo de ejecución de alrededor 4 meses (112 días), con un costo de grúas de US\$ 112,000. Debe adicionarse el costo de movilización y desmovilización de equipos, control topográfico, ensayos SPT, volumen extra de material de relleno necesario para compensar el asentamiento de la superficie, etc. Así, el costo total del tratamiento, sin seguridad éxito, puede ser del orden de US\$ 200,000.

3.5.2 Precarga

Como se comentó anteriormente, este método consiste en aplicar sobre la superficie del suelo blando, una carga (relleno) durante un tiempo determinado, de manera que se consiga la consolidación de los suelos blandos.

A tal efecto, debe realizarse una extensa campaña de exploración geotécnica tendiente a determinar los factores de consolidación de los suelos. Luego del cual, debe calcularse la carga (altura del relleno) necesaria para obtener cierto grado de consolidación en un tiempo determinado.

Luego de construido el relleno sobre el suelo natural y, transcurrido el plazo calculado, se realizan ensayos para determinar si se ha obtenido el grado de consolidación esperado. Luego de obtenida la consolidación a los niveles deseados, se retira el material de relleno y se procede con la construcción normal del terraplén.

A pesar de la efectividad del sistema y, dada la heterogeneidad de los suelos, no es posible garantizar plenamente, la calidad del producto terminado. Así, es de esperar la ocurrencia de asentamientos diferenciales a lo largo de los terraplenes.

Este sistema es muy efectivo, aunque con el inconveniente de que es necesario disponer de suficiente tiempo para conseguir la consolidación de los suelos. Se reduce el tiempo de aplicación del método, con la ejecución de drenes verticales en la superficie de tratamiento. En cualquier caso, el plazo de ejecución de este sistema es de al menos 1 año.

Respecto del costo de tratamiento, deben considerarse los siguientes factores:

- Costo de investigación geotécnica
- Costo de ejecución del relleno de precarga (del orden de varios metros de altura)
- Ejecución de drenes verticales
- Monitoreo geotécnico
- Eliminación del relleno de carga

No se dispone de datos para estimar un costo del tratamiento, sin embargo, debe tenerse en cuenta que es preciso construir un terraplén sobre el suelo blando, retirarlo posteriormente (luego de alcanzado el grado de consolidación deseado) y construir el terraplén definitivo. Así, el costo del tratamiento es del orden del doble del costo del terraplén definitivo considerado en el Proyecto.

3.5.3 Sustitución de materiales

Como se mencionó anteriormente, este método consiste en sustituir los suelos inadecuados por materiales con mejores características de resistencia. Es un sistema de uso extendido y generalmente, el de mejores resultados.

George B. Sowers indica que *"si el estrato blando es relativamente delgado, es más económico excavar el suelo en el área que se vaya a rellenar y reemplazarlo con un material algo mejor"*.⁵

Tiene la ventaja de que es posible tener un control de calidad de materiales y de ejecución del tratamiento, con lo cual se asegura la calidad del producto terminado. Por otro lado, existen canteras de material granular grueso, en las inmediaciones del Proyecto.

⁵ Sowers, G. B., and Sowers, G. F. Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones, 3ra edición, Editorial Macmillan, New York, 1970, p. 639.

3.5.4 Geomallas / Geotextiles

Como se dijo anteriormente, el empleo de estos elementos proporciona buenos resultados para terraplenes provisionales de obra o con exigencias limitadas, no siendo utilizado generalmente para carreteras de las características similares al tramo Calapuja - Azángaro.

Sobre la superficie de suelo blando (luego de la eliminación de la tierra vegetal), se coloca un capa de geotextil, luego del cual se colocan capas de material del cuerpo del terraplén, incluyendo en cada nivel, una capa de geomalla, hasta coronación.

Este sistema garantiza la transitabilidad de la carretera, sin embargo, las deformaciones del terraplén pueden ser importantes debido a la consolidación y asentamiento del suelo de cimentación, con lo cual debe preverse la intervención permanente para mantener el standard de servicio de la carretera, al menos hasta que se haya producido gran parte del asentamiento de la cimentación.

Respecto del costo de tratamiento, deben considerarse los siguientes factores (para un terraplén de 1 m de altura):

- Superficie de tratamiento	:	15,000 m ² aprox.
- Capas de Geotextil	:	1
- Capas de Geomalla	:	4
- Costo de Geotextil	:	US\$2 / m ² .
- Costo de Geomalla	:	US\$5/m ² .
- Costo de intervenciones	:	imprevisible

Así, el costo del tratamiento ascendería a US\$ 330,000, sin considerar el costo de intervenciones (rehabilitaciones).

3.5.5 Normativa

De acuerdo con las "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2000 - Proyecto Especial de Rehabilitación Infraestructura de Transportes – Programa Rehabilitación de Transportes – Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción", se tienen las siguientes directrices:

Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras EG-2000

Sección	Directriz
205.08	<i>"Si los suelos encontrados a nivel de subrasante están constituidos por suelos inestables, el Supervisor ordenará las modificaciones que corresponden con el fin de asegurar la estabilidad de la subrasante"</i>
210.06	<i>"Si el terraplén hubiere de construirse sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales, su tratamiento previo o la utilización de cualquier otro medio propuesto por el Contratista y autorizado por el Supervisor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado".</i>

Sección	Directriz
210.07	"En los casos especiales en que la humedad del material sea considerablemente mayor que la adecuada para obtener la compactación prevista, el Contratista propondrá y ejecutará los procedimientos más convenientes para ello, previa autorización del Supervisor, cuando el exceso de humedad no pueda ser eliminado por el sistema de aireación".

Como se puede observar, las Especificaciones Técnicas incluidas en la normativa del MTC, consideran en principio "la eliminación" de los materiales inadecuados ó "cualquier otro medio propuesto por el Contratista". Cabe mencionar que la sustitución de materiales representa una práctica muy difundida en el país (y en el mundo), por ser la que mejores resultados proporciona y con el menor presupuesto.

3.5.6 Conclusiones

De los sistemas de mejora considerados, se tienen como consecuencia, las siguientes apreciaciones:

Cuadro 3.13
Sistemas de Mejoras de Suelos Blandos

Sistema	Plazo	Calidad	Costo	Interferencia con tráfico	Observaciones
Compactación Dinámica	Elevado. 4 meses	Sin garantía de calidad	Elevado	Elevada	Requiere de ampliación de plazo de al menos 4 meses. Se prevé asentamientos diferenciales posteriores
Precarga	Elevado. 1 año	Sin garantía de calidad	Elevado	Elevada	Requiere paralización de obra de 1 año. Se prevé asentamientos diferenciales posteriores
Sustitución de materiales	Adecuado	Con garantía de calidad	Adecuado	Normal	No se requiere de ampliaciones de plazo importantes. No se prevé asentamientos posteriores
Geomalla / Geotextil	Adecuado	Sin garantía de calidad	Adecuado	Normal	No se requiere de ampliaciones de plazo importantes. Se prevé rehabilitaciones importantes debido a asentamientos diferenciales de los terraplenes

Del cuadro anterior, se desprende que el sistema a recomendar sería el de sustitución de materiales inadecuados, dado que brinda un adecuado plazo de ejecución, proporciona garantía de calidad, con una interferencia normal en el tráfico de la carretera y con un presupuesto aceptable, en comparación con otros sistemas.

3.6 CONCLUSIONES Y ACCIONES RECOMENDADAS

- Los suelos de fundación de los terraplenes están conformados de manera general, en el sector km 33+500 – km 37+500 por arcillas y limos orgánicos (OL, OH) y el sector km 42+860 – km 46+605 por materiales finos (arcillas y limos), húmedos. Su consistencia general es blanda. Hacia el inicio y final del proyecto, se observan suelos de naturaleza granular (arenas) e intercalaciones con suelos finos. La capa superficial corresponde a una tierra vegetal, con un espesor promedio del orden de 30 cm no apto como cimentación de los terraplenes, por lo que deben ser sustituidos en toda su potencia.

Material Vegetal

Progresiva		Espesor de Sustitución (cm)	Causa
Desde	Hasta		
33+500	34+000	30	Tierra Vegetal
34+000	34+250	40	Tierra Vegetal
34+250	35+000	30	Tierra Vegetal
35+000	35+250	40	Tierra Vegetal
35+250	37+500	30	Tierra Vegetal
42+860	46+605	30	Tierra Vegetal

- Los suelos de fundación presentan una capacidad de soporte baja a muy baja, los suelos finos presentan una consistencia generalmente blanda, con algunos sectores muy blandos, lo cual indica una baja resistencia. Se observan algunos sectores con suelos en estado fluido. El CBR del suelo de fundación de los terraplenes oscila de manera general entre 2% y 10%.
Es recomendable, en algunos sectores sustituir suelos los muy blandos, por debajo del nivel de la capa de tierra vegetal con material selecto de cantera.

Sectores con Suelos en Estado de Fluidéz

Progresiva		Espesor de Sustitución (cm)	Causa
Desde	Hasta		
34+850	35+200	50	Suelo Muy Blando
35+700	36+050	20	Suelo Muy Blando
37+300	37+500	30	Suelo Muy Blando
43+750	44+000	60	Suelo Muy Blando
44+000	44+250	90	Suelo Muy Blando
44+600	44+700	40	Suelo Muy Blando

- A excepción de los sub tramos km 34+800 – km 35+500 y km 44+240 – km 44+850, los suelos de cimentación tienen un comportamiento aceptable ante la aplicación de la carga que transmite el peso del terraplén. En los tramos mencionados, se observan zonas de baja capacidad portante, indicando que los suelos no son capaces de soportar la carga aplicada, por lo cual es necesario llevar a cabo, procesos de mejora del terreno de cimentación mediante sustitución de al menos 1.0 m de terreno natural, adicionales a la eliminación de la tierra vegetal.

Sectores con Baja Capacidad Portante

Progresiva		Espesor de Sustitución (cm)	Causa
Desde	Hasta		
34+800	35+500	100	Baja capacidad de soporte
44+240	44+850	100	Baja capacidad de soporte

- En la actualidad, se han presentado deformaciones, ahuellamientos y agrietamientos en la vía existente, en el sector comprendido entre las progresivas km 33+500 – km 37+500, por lo que en dicho sub tramos se debe remover el lastrado colocado y la capa de tierra vegetal ubicada debajo de este material, además de sustituir los materiales blandos por debajo de la capa de tierra vegetal.
- En las zonas de corte, se deberá efectuar la sustitución del material de la subrasante hasta 1.0 m de profundidad con material de cantera, a fin de garantizar la capacidad de soporte adecuado al pavimento. Del mismo modo, en los sectores en los cuales los terraplenes son de poca altura con respecto al nivel del terreno natural, se deberá efectuar una sobreexcavación hasta un nivel tal que medido a partir del nivel de subrasante se garantice 1.0 m de altura de material de cantera a fin de garantizar la homogeneidad de la fundación del pavimento.

CAPÍTULO
4

CAPÍTULO 4

Conclusiones y Líneas Futuras de Investigación

4.1 CONCLUSIONES

4.1.1 Conclusiones Generales

En este capítulo se presentan las conclusiones que se derivan de los trabajos realizados durante la presente investigación. El objetivo principal de este informe es el estudio de la capacidad portante del terreno de fundación para terraplenes y su valoración en el caso del proyecto analizado, así como de los posibles métodos de solución propuestos para mitigar los daños producidos por los asentamientos en la estructura.

El estudio realizado ha permitido conocer los parámetros fundamentales que caracterizan los mecanismos que rigen el comportamiento de los suelos blandos, dados principalmente por la plasticidad, y los índices de consistencia y de liquidez. Así, disponemos de información fiable, acerca de las características mecánicas del suelo de fundación.

En cuanto al comportamiento de los suelos, se asumió para todos los casos analizados que es isotrópico y homogéneo, así como que poseen un comportamiento elástico; esta hipótesis no es tanto cierto puesto que los suelos en general presentan comportamientos elastoplásticos y sus propiedades varían en función de la profundidad y de la matriz que los contenga; los resultados presentados nos presentan en buena cuenta una clara idea del comportamiento de dichos suelos.

En cuanto a la realización de la investigación geotécnica complementaria se puede dar de manera tentativa una metodología para la caracterización de suelos blandos, esta metodología es flexible en el sentido de que puede ser mejorada y adecuada al tipo de suelo de fundación, y además porque cada problema en geotecnia es un caso único el cual necesita del análisis detallista del ingeniero que lo enfrenta.

Respecto a la metodología empleada se puede mencionar lo siguiente:

1. En primera instancia se realiza una inspección visual de la zona, identificando los tramos que pudiesen tener problemas, verificando con los planos de replanteo que las distancias y las cotas estén correctas. Posteriormente a esta inspección se realiza la etapa de

campo, con la realización de la mayor cantidad de calicatas posibles, dado que a mayor cantidad de información, tendremos una mejor precisión en la obtención de resultados.

2. Los datos obtenidos de las series de ensayos de caracterización de materiales han resultado esenciales para la determinación e identificación de tramos críticos que presentan problemas de baja capacidad de soporte.
3. Con respecto al mejoramiento de suelos de la subrasante, para el proyecto investigado se optó por la sustitución de los materiales que presentan baja capacidad de carga y de los que contienen material orgánico, dado que cerca de la zona existen canteras que pueden proveer materiales adecuados para este reemplazo, el cual es económicamente más rentable que el uso de geomallas y geomembranas, cuyo uso se recomendaría en zonas donde es difícil la obtención de materiales gravosos (por ejemplo en zona de selva).

4.1.2 Conclusiones Específicas

A. Conclusiones respecto a los estudios de suelos

- No existe norma alguna que especifique el distanciamiento mínimo que deben tener las calicatas y prospecciones para definir el perfil estratigráfico en un estudio para obras viales, siendo estas distancias elegidas después de realizar una inspección ocular tomando criterios técnicos respecto al cambio del tipo de suelo, se puede tomar como distancia referencial de 100 a 200 m entre calicata.
- En la ejecución de la obra, a raíz de la heterogeneidad de los suelos que conforman la subrasante en un proyecto, se realiza la correspondiente evaluación cada 200 m, y se incrementa dentro de dicha distancia si existen sospechas que puedan generar problemas en el futuro, para tomar las acciones correctivas a seguir. La mayor parte de los estudios ejecutados en el país, fueron evaluados cada 1 km ó cada 500 m y durante la ejecución se han encontrado tantos problemas en algunos casos insolubles tanto técnicamente como económicamente.
- Las distancias con las que generalmente se hacen las calicatas para el estudio de suelos en el diseño de carreteras son muy divergentes de la realidad cuando el proyecto está en la etapa de ejecución, esto genera diversos problemas que en su momento no nos permite identificar debido al exceso distanciamiento con que se hacen las calicatas, generando los adicionales de obras por diversas situaciones no previstas. Además que el perfil estratigráfico elaborado con calicatas distanciadas en exceso no permite identificar con certeza el nivel de la subrasante o el nivel en que se eliminará el material en caso de no ser el adecuado para la subrasante.
- El número de calicatas a realizar para un estudio viene dado mayormente en los términos de referencia de los contratos de dichos estudios, el cual esta sujeto a la disponibilidad de recursos para su realización. A nivel de estudios definitivos se debería establecer una distancia mínima de 200 m para ejecución de calicatas, aumentando la frecuencia en tramos donde a criterio puedan existir problemas.
- La Nueva Guía Mecánico-Empírica establece que independientemente del tipo de proyecto, los sondeos deberán estar espaciados de tal forma que se establezca la

estratigrafía de los suelos con un grado razonable de detalle. Los sondeos también deberán estar localizados para obtener un conocimiento básico de las propiedades ingenieriles de la sobrecapa de suelo y para localizar y determinar la calidad y cantidad aproximada de materiales de construcción, de ser requerido. Asimismo, indica que el espaciamiento entre sondeos depende de la variabilidad subterránea del sitio del proyecto y de manera típica varía entre 150 m y 450 m.

- Con respecto a la profundidad de exploración se puede decir que dependen del conocimiento de las condiciones subterráneas en base a las investigaciones geológicas de suelos, exploraciones previas y al perfil previsto para la superficie del pavimento. En áreas de cortes y rellenos ligeros, sin problemas especiales, las exploraciones deben extenderse un mínimo de 1.50 m por debajo de la elevación de la rasante propuesta. Sin embargo, donde se van a construir grandes terraplenes, o donde la exploración subterránea indica la presencia de estratos débiles (o saturados), se debe incrementar la profundidad de los sondeos. En estos casos, la profundidad debe ser lo suficientemente profunda para proporcionar información respecto de la estabilidad, asentamientos y drenaje.

B. Conclusiones específicas sobre la capacidad de soporte

- Una primera estimación de la capacidad de soporte está dada por los índices de consistencia y de liquidez, confirmado por el valor de CBR que presente dicho suelo, es así que estos parámetros sirvieron de sustento técnico para adicionales de obra en diversas carreteras del país, como por ejemplo la Carretera Santa Rosa – Sicuani, o la carretera Puente Chino – Aguaytía, las cuales presentaban problemas similares a la carretera estudiada. Es así que actualmente, estos índices sirven como sustento técnico para aprobar y realizar mejoramientos del terreno de fundación.
- El valor del CBR obtenido en laboratorio difiere de las condiciones de campo por la sencilla razón de que se trabaja con muestras remoldeadas y humedades óptimas, lo recomendable sería trabajar con la humedad de campo; una practica que es poco común, es la realización de CBR's con material inalterado, con lo cual tendríamos valores confiables de capacidad de soporte.

El Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), es un instrumento valioso, el cual nos permite el cálculo del CBR, para cualquier profundidad del terreno de fundación, es así que se puede determinar la variación de este parámetro de manera rápida y a bajo costo.

Como mejoramiento de la sub-rasante, para el caso del presente estudio, se eligió la sustitución de materiales como solución al problema de baja capacidad de soporte de los suelos, y como reemplazo de los materiales con material orgánico, esta practica se viene realizando desde épocas anteriores, actualmente el método de solución que viene tomando acogida es el de estabilización con geomallas, esta solución es aplicable cuando no se cuenta con materiales selectos, o cuando las distancias de transporte son demasiado grandes.

Normalmente, el procedimiento constructivo de obra para efectuar una sustitución de materiales, consiste primeramente en determinar en campo la distancia y la profundidad de dicho estrato blando, luego la toma de de muestras y los ensayos respectivos de laboratorio, una vez determinado que el material es débil para soportar cargas, se

procede a su reemplazo, este reemplazo es básicamente el corte del material a profundidades de 1.00 m aproximadamente, luego se coloca una capa de enrocado compactado en un espesor de 0.50 a 0.60 aprox., seguido de material de transición en espesor de 0.20 m, para finalmente colocar material de subbase o granular seleccionado, tal que cumpla los requerimientos de calidad para el material de sub-rasante. En algunos casos es necesario efectuar obras de drenaje subterráneo, sobre todo en tramos donde se atraviesan caídas de agua o exista presencia de aguas subterráneas.

4.2 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

El trabajo llevado a cabo en este informe se ha centrado en la determinación de los tramos que presentan baja capacidad de soporte, usando para esta determinación parámetros geotécnicos tales como los índices de consistencia y de liquidez, así como del CBR, es así que se pueden considerar por lo menos dos líneas futuras de investigación, por una parte sería la determinación de la capacidad portante por medio del PDC y por otra parte, sobre los estudios de suelos para obras viales.

Un campo a investigar es el del cálculo del CBR a partir del número de golpes obtenidos del ensayo PDC, cabe mencionar que se podría hacer una correlación de valores de CBR obtenidos en campo, y los valores del índice de penetración (PI) del PDC, diferenciado para cada tramo y por tipo de suelo de la sub-rasante.

En el caso de suelos de fundación, sería recomendable trabajar con CBR's obtenidos inalteradamente, o en todo caso trabajar con muestras remoldeadas a la humedad de campo, en todo caso la obtención de una correlación de PI vs CBR, representaría un ahorro de tiempo y dinero para futuras exploraciones de campo.

Por otra parte, el PDC, serviría como una herramienta para evaluar las capas del pavimento, en este caso se podría hacer una correlación de los CBR's obtenidos de laboratorio para subbase y base versus el índice de penetración (PI), obtenidos de la realización del ensayo PDC. La idea primordial es de introducir al PDC como herramienta de control de calidad en la construcción de carreteras. Asimismo, se podrían realizar correlaciones con la densidad de campo y el modulo resiliente de las capas del pavimento.

Con respecto al número de calicatas y prospecciones a realizar para estudios de obras viales, es un tema en el cual no se pueden establecer reglas estrictas para el desarrollo de las mismas, sin embargo se pueden proponer alternativas de solución y definir criterios generales para la elaboración de estudios de suelos que tengan la calidad suficiente y necesaria para definir la estratigrafía, y cuando llegue la ejecución de la obra, las variaciones que pudiesen existir sean las mínimas posibles, tal que los adicionales de obra no tengan que pasar por contraloría.

Bibliografía

BURNHAM, Tom and JOHNSON, Dave. In Situ Foundation Characterization Using The Dynamic Cone Penetrometer. Minnesota Department of Transportation, 1993.

Boletín N° 58. Geología de los Cuadrángulos de Velille, Yauri, Ayaviri y Azángaro, INGEMMET, 1995.

Boletín N° 42. Estudio Geológico del Proyecto Integrado del Sur, INGEMMET, 1995

DAS, Braja M. Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Cuarta Edición, Internacional Thomson Editores, México, 2001.

ILLINOIS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Bureau of Materials And Physical Research. Pavement Technology Advisory – Dinamic Cone Penetrometer PTA-T4, Rev 02/2005.

KLEYN, E.G. y VAN HEERDEN, Using DCP Soundings to Optimize Pavement Rehabilitation. Paper submitted for Annual Transportation Convention, Johannesburg, July 1983. Report LS/83 Materials Branch, Transvaal Road Department, Pretoria, South Africa.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos. Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento Carretera Calapuja – Azángaro. Tramo Km. 28+500 – Km. 46+605. Volumen I Memoria Descriptiva. Aprobado el 20.09.02 mediante R.D. N° 674-2002-MTC/15.17.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras, EG – 2000, Lima, 2000.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras, EM – 2000, Lima, 2000.

MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2° Edición. Editorial de la Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2001.

Norma DNER-PRO 381/98, Projeto de Aterros sobre Solos Moles para Obras Viárias - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Rio de Janeiro, 1998.

PECK, Ralph E., HANSON, Walter y THORNBURN, Thomas. Ingeniería de Cimentaciones. Editorial Limusa, México, 1982.

PEREZ BUITRAGO, Gonzalo. Modelos de Correlación entre el PDC y el CBR inalterado para suelos cohesivos. Escuela de Ingeniería de Transportes y Vías UPTC, Colombia, 2003.

RICO RODRIGUEZ, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilo. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Editorial Limusa, México, 1984.

SOWERS, G. B., and SOWERS, G. F. Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones, 3ra edición, Editorial Macmillan, New York, 1970.

TSCHEBOTARIOFF, Gregory. Mecánica del Suelo, Cimientos y Estructuras de Tierra, Tercera Edición, Editorial Aguilar, Madrid, 1963.

Anexos

Anexo 1

Estudio de Tráfico Post – Obra



REPÚBLICA DEL PERU

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

PROYECTO ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE DEPARTAMENTAL
PROVIAS DEPARTAMENTAL

CONCURSO PÚBLICO NACIONAL. N° 0020-2002-MTC / 15.17

REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CALAPUJA - AZÁNGARO

Tramo: Km. 28+500 - Km. 46+605

SUPERVISIÓN: CONSORCIO VIAL SUR
Contrato de Supervisión N° 386-2003-MTC/22



ESTUDIO DE TRÁFICO POST - OBRA

JUNIO 2004

AZÁNGARO - PUNO

ESTUDIO DE TRAFICO

1.- Introducción

El presente estudio tiene por finalidad de mostrar las características de tráfico existente en el tramo del presente proyecto, tanto en volumen, composición y su distribución horaria.

Para el conteo del tráfico se ha elaborado un formato considerando el auto, camionetas rurales o combis, micros y minibuses, omnibuses, camiones 02 ejes, camión 03 ejes, semitrailers 04 ejes, semitrailers 05 ejes.

Para la recolección de información en los conteos clasificados se han utilizado las definiciones normalmente aplicadas en la realización de estudios de tráfico, a saber:

- Auto, corresponde a un Vehículo de uso de pasajeros, con capacidad para cuatro (4) pasajeros.
- Camioneta Rural y Combis, vehículo utilitario de capacidad entre una y una y media tonelada de carga, puede ser con la tolva descubierta, en el primer caso, o cerrada, en el segundo.
- Micro y Minibús, corresponde a vehículos de transporte público de pasajeros, con una capacidad de catorce (14) pasajeros sentados y 28 en el caso del segundo.
- Omnibuses, corresponde a vehículos de transporte público de pasajeros, con una capacidad mayor a veintiocho (28) pasajeros sentados.
- Camiones de 02 ejes
- Camiones de 03 ejes
- Semitrailers 04 ejes
- Semitrailers 05 ejes

Se ha considerado una Estación de conteo, ubicada en el Km. 0-200 con la finalidad de contabilizar la totalidad de vehículos que ingresan a la vía pero que no necesariamente llegan a la ciudad de Azangaro pues existen en el tramo desvíos para poblados menores como Achaya, Nicasio y Santiago de Pupuja

2.-Tráfico

2.1 Conteos de Tráfico

Para la realización de los conteos de tráfico, volumétrico, clasificado y horario, se estableció una estación de conteo:

Los conteos fueron realizados la semana del 14 de Junio al 20 de Junio, se estableció 03 turnos cada uno de 08 horas de conteo con la finalidad de contar la totalidad de vehículos durante el día y la noche

Los siguientes cuadros muestran el tráfico durante la semana mencionada

CONTIENO DE VEHICULOS DIARIO

Calletera - Calapuja - Azangaro
 Ubicación 0+200

Sentido Calapuja - Azangaro
 Fecha 14/06/2004

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO							TOTAL Vehic/hora			
	Autos	Veloc Aprox Km/hra	Combis C. Rural	Veloc Aprox Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc Aprox Km/hra	Omnibus	Veloc Aprox Km/hra	CAMIONES				SEMIRAYLER					
									1E	km/hr	3E	km/hr	4E	km/hr		5E	km/hr	
0	1			2	80 km/hra												2	
1	2	1	100 km/hra				1	70 km/hra	1	80 km/hra							3	
2	3						1	70 km/hra			1	60 km/hra	2	50 km/hra			4	
3	4						2	70 km/hra			1	60 km/hra					3	
4	5			3	70 km/hra						2	60 km/hra					5	
5	6			2	80 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra	1	60 km/hra				6	
6	7	1	80 km/hra	5	80 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra						10	
7	8	5	82 km/hra	6	60 km/hra	2	70 km/hra	2	70 km/hra	3	60 km/hra			1	50 km/hra		19	
8	9	2	90 km/hra	7	70 km/hra	2	60 km/hra	3	60 km/hra	1	60 km/hra						15	
9	10	1	80 km/hra	4	80 km/hra	3	70 km/hra	3	70 km/hra			2	60 km/hra				13	
10	11	1	80 km/hra	7	80 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra					1	60 km/hra		11	
11	12	1	80 km/hra	3	80 km/hra	1	80 km/hra	1	70 km/hra			4	50 km/hra				10	
12	13	1	70 km/hra	4	80 km/hra	2	80 km/hra	4	70 km/hra	1	60 km/hra	4	60 km/hra				16	
13	14			4	80 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra	2	60 km/hra	4	60 km/hra			1	55 km/hra	14
14	15	1	75 km/hra	9	80 km/hra	2	80 km/hra	2	70 km/hra	3	60 km/hra	3	60 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra	19
15	16	2	90 km/hra	5	80 km/hra	3	70 km/hra	1	80 km/hra	2	80 km/hra	3	60 km/hra					16
16	17	4	80 km/hra	8	70 km/hra	1	70 km/hra	3	70 km/hra	1	70 km/hra							17
17	18			8	80 km/hra	3	70 km/hra			2	70 km/hra	1	70 km/hra					14
18	19	4	90 km/hra	8	80 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra	4	60 km/hra	3	60 km/hra	1	50 km/hra			22
19	20	1	80 km/hra	6	80 km/hra	1	70 km/hra			1	70 km/hra			1	60 km/hra			10
20	21	2	90 km/hra	1	70 km/hra					1	60 km/hra	1	60 km/hra					5
21	22		90 km/hra	1	70 km/hra					1	60 km/hra	1	60 km/hra	1	55 km/hra	1	55 km/hra	6
22	23			1	70 km/hra					1	60 km/hra							2
23	24			2	70 km/hra													3
TOTAL		29		95		27		16		25		31		8		3		245

Calletera - Calapuja - Azangaro

Sentido

Azangaro - Calapuja

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO							TOTAL Vehic/hora			
	Autos	Veloc Aprox Km/hra	Combis C. Rural	Veloc Aprox Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc Aprox Km/hra	Omnibus	Veloc Aprox Km/hra	CAMIONES				SEMIRAYLER					
									2E	km/hr	3E	km/hr	4E	km/hr		5E	km/hr	
0	1																	0
1	2	1	90 km/hra	1	90 km/hra							2	70 km/hra					4
2	3			1	80 km/hra					2	70 km/hra							3
3	4			1	90 km/hra							2	70 km/hra					3
4	5			9	90 km/hra													9
5	6			17	80 km/hra			2	70 km/hra	3	70 km/hra	1	60 km/hra					23
6	7	1	90 km/hra	5	80 km/hra	1	80 km/hra	2	80 km/hra					1	70 km/hra			13
7	8	1	100 km/hra	10	90 km/hra	2	90 km/hra	1	80 km/hra	4	70 km/hra	1	70 km/hra					19
8	9			9	80 km/hra	2	80 km/hra					1	70 km/hra					12
9	10	6	50 km/hra	8	80 km/hra	1	80 km/hra			1	60 km/hra							16
10	11			2	50 km/hra	3	80 km/hra	1	80 km/hra	3	60 km/hra							9
11	12	2	90 km/hra	3	80 km/hra	1	90 km/hra			2	60 km/hra	1	80 km/hra					9
12	13	3	90 km/hra	6	80 km/hra	1	90 km/hra			2	70 km/hra	2	70 km/hra	1	80 km/hra			13
13	14	1	90 km/hra	5	90 km/hra	1	80 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra	1	80 km/hra			1	70 km/hra	12
14	15	2	90 km/hra	3	90 km/hra	1	80 km/hra	1	70 km/hra	2	70 km/hra	1	80 km/hra					10
15	16	2	90 km/hra	6	90 km/hra					2	70 km/hra							10
16	17	1	80 km/hra	3	80 km/hra	2	80 km/hra			2	70 km/hra	1	70 km/hra					9
17	18	2	90 km/hra	9	90 km/hra	1	90 km/hra	1	70 km/hra									13
18	19	1	90 km/hra	8	80 km/hra	2	80 km/hra			2	70 km/hra	2	70 km/hra					15
19	20			2	80 km/hra	1	80 km/hra			2	70 km/hra	2	70 km/hra					7
20	21	2	80 km/hra	1	90 km/hra			1	70 km/hra			1	70 km/hra	1	70 km/hra			6
21	22	2	80 km/hra	1	90 km/hra							2	70 km/hra					5
22	23	1	80 km/hra	1	50 km/hra									1	70 km/hra			3
23	24			2	60 km/hra			3	70 km/hra									5
TOTAL		24		113		19		14		28		19		3		1		124

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO								TOTAL Vehic/hora						
	Autos	Velox Aprox Km/hra	Camibis C Rural	Velox Aprox Km/hra	Micros y Minibuses	Velox Aprox Km/hra	Omnibus	Velox Aprox Km/hra	CAMIONES			SEMITRAYLER										
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra	5E		Km/hra					
0	1	2	90 km/hra	1	90 km/hra													3				
1	2	3	90 km/hra				2	70 km/hra										6				
2	3	2	90 km/hra			1	90 km/hra	1	30 km/hra				2	80 km/hra	2	60 km/hra		8				
3	4			2	90 km/hra					1	50 km/hra							4				
4	5	1	90 km/hra	4	80 km/hra			2	30 km/hra	1	80 km/hra	2						11				
5	6	2	90 km/hra	1	90 km/hra	2	90 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra	2						10				
6	7	4	80 km/hra	6	80 km/hra			2	70 km/hra	1	80 km/hra				1	80 km/hra		14				
7	8	8	85 km/hra	8	80 km/hra			1	70 km/hra	2	80 km/hra	2					1	22				
8	9	3	90 km/hra	4	90 km/hra	2	90 km/hra	1	30 km/hra									13				
9	10	2	80 km/hra	6	80 km/hra	2	80 km/hra	2	30 km/hra	3	80 km/hra	2						18				
10	11	1	90 km/hra	4	80 km/hra	2	80 km/hra											8				
11	12	3	90 km/hra	5	80 km/hra			1	80 km/hra									11				
12	13	2	70 km/hra	2	80 km/hra	1	70 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra							10				
13	14			4	80 km/hra	2	70 km/hra	1	80 km/hra									12				
14	15	3	80 km/hra	5	80 km/hra					1	80 km/hra	1						10				
15	16	1	90 km/hra	6	80 km/hra	3	90 km/hra	1	70 km/hra	3	80 km/hra	2						18				
16	17	4	70 km/hra	3	80 km/hra			1	80 km/hra	1	80 km/hra	1						10				
17	18	3	70 km/hra	7	80 km/hra	2	60 km/hra	1	50 km/hra	2	80 km/hra							16				
18	19	3	70 km/hra	8	80 km/hra			1	50 km/hra	4	50 km/hra	3						20				
19	20	3	70 km/hra	4	80 km/hra	1	60 km/hra			2	50 km/hra							11				
20	21	3	70 km/hra	2	50 km/hra					1	50 km/hra	1						7				
21	22			1	50 km/hra													4				
22	23	2	70 km/hra															4				
23	24			1	80 km/hra													1				
TOTAL			55		84			18		21			26			35		9		3		251

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO								TOTAL Vehic/hora						
	Autos	Velox Aprox Km/hra	Camibis C Rural	Velox Aprox Km/hra	Micros y Minibuses	Velox Aprox Km/hra	Omnibus	Velox Aprox Km/hra	CAMIONES			SEMITRAYLER										
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra	5E		Km/hra					
0	1	1	60 km/hra																			1
1	2	3	100 km/hra	1	60 km/hra			50 km/hra		70 km/hra	2	60 km/hra	1	50 km/hra								7
2	3			2	60 km/hra						1	50 km/hra	1	60 km/hra								4
3	4			1	60 km/hra							2	50 km/hra	1	60 km/hra							4
4	5			7	70 km/hra					1	80 km/hra											8
5	6			16	80 km/hra					1	80 km/hra	4	70 km/hra	2	80 km/hra							26
6	7	1	80 km/hra	2	90 km/hra	1	80 km/hra	1	50 km/hra							1	70 km/hra					6
7	8	1	100 km/hra	10	90 km/hra	2	70 km/hra	1	80 km/hra	4	80 km/hra	1	70 km/hra									19
8	9			9	80 km/hra	2	80 km/hra															12
9	10	6	80 km/hra	8	90 km/hra	1	80 km/hra			1	70 km/hra											16
10	11			2	80 km/hra	3	80 km/hra	1	80 km/hra	3	80 km/hra											9
11	12	2	90 km/hra	3	90 km/hra					2	80 km/hra	1	80 km/hra									9
12	13	3	8 km/hra	6	80 km/hra					2	80 km/hra	1	80 km/hra									13
13	14	1	90 km/hra	5	90 km/hra					2	80 km/hra	1	70 km/hra									12
14	15	2	8 km/hra	3	90 km/hra	1	80 km/hra	1	90 km/hra	2	70 km/hra	1	80 km/hra									10
15	16	2	80 km/hra	6	80 km/hra					2	70 km/hra											11
16	17	1	80 km/hra	3	80 km/hra	2	80 km/hra															9
17	18	2	80 km/hra	9	90 km/hra	1	80 km/hra			90 km/hra												13
18	19	1	90 km/hra	8	90 km/hra	2	80 km/hra															15
19	20			2	80 km/hra	1	80 km/hra															7
20	21	2	80 km/hra	1	90 km/hra					80 km/hra												6
21	22	2	80 km/hra	1	90 km/hra																	5
22	23	1	80 km/hra	1	80 km/hra																	3
23	24			2	80 km/hra																	5
TOTAL			31		117			19		13			32			19			3		7	230

CONTEO DE VEHICULOS DIARIO

Carretera Calapuja - Azangaro
Ubicación 0-100

Seruido Calapuja - Azangaro
Fecha 16/06/2004

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO							TOTAL Vehic./hora		
	Autos	Veloc. Aprox. Km/hra	Combis C. Rural	Veloc. Aprox. Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc. Aprox. Km/hra	Omnibus	Veloc. Aprox. Km/hra	CAMIONES				SEMIRAYLER				
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra		5E	Km/hra
0	1																3
1	2	1	50 km/hra							1	70 km/hra	2	60 km/hra				4
2	3			1	90 km/hra					1	70 km/hra	1	60 km/hra	1	70 km/hra		4
3	4					1	90 km/hra	2	80 km/hra			1	60 km/hra				6
4	5	3	60 km/hra	1	80 km/hra			3	80 km/hra			2	70 km/hra				9
5	6			1	80 km/hra	2	80 km/hra	1	80 km/hra			2	70 km/hra				6
6	7	2	90 km/hra	4	90 km/hra	2	80 km/hra	2	80 km/hra	2	70 km/hra				1	60 km/hra	14
7	8	6	90 km/hra	5	90 km/hra	3	70 km/hra			3	70 km/hra	1	50 km/hra	1	70 km/hra		19
8	9	5	80 km/hra	8	80 km/hra	3	80 km/hra	2	80 km/hra	1	70 km/hra						19
9	10			5	80 km/hra			1	70 km/hra	1	70 km/hra	1	50 km/hra				8
10	11	2	90 km/hra	6	80 km/hra	3	80 km/hra	1	80 km/hra	1	70 km/hra	1	50 km/hra	1	80 km/hra		15
11	12	2	90 km/hra	1	80 km/hra		80 km/hra	2	80 km/hra			2	70 km/hra				8
12	13	1	90 km/hra	5	80 km/hra	3	70 km/hra	3	80 km/hra	1	70 km/hra	2	60 km/hra	1	80 km/hra		16
13	14	3	80 km/hra	2	80 km/hra	2	70 km/hra	1	80 km/hra	3	70 km/hra	2	60 km/hra		1	50 km/hra	16
14	15			8	80 km/hra	3	80 km/hra			2	70 km/hra	2	60 km/hra	2	70 km/hra		17
15	16	4	80 km/hra	5	90 km/hra	2	80 km/hra	1	80 km/hra	1	70 km/hra				1	50 km/hra	14
16	17	5	90 km/hra	6	80 km/hra	2	80 km/hra	2	80 km/hra	1	70 km/hra	2	60 km/hra				18
17	18	2	90 km/hra	8	80 km/hra	4	70 km/hra			2	70 km/hra	1	60 km/hra				17
18	19	3	90 km/hra	7	90 km/hra			2	70 km/hra	4	70 km/hra	3	60 km/hra	1	60 km/hra		20
19	20	2	90 km/hra	4	80 km/hra					1	60 km/hra	2	50 km/hra	1	60 km/hra		10
20	21	1	80 km/hra	3	80 km/hra						60 km/hra	2	50 km/hra	1	60 km/hra		8
21	22	1	80 km/hra	1	70 km/hra						70 km/hra	2	60 km/hra	1	50 km/hra	1	7
22	23			1	70 km/hra						60 km/hra						2
23	24			2	80 km/hra												2
TOTAL		47		86		31		23		30		31		10		4	262

Carretera Calapuja - Azangaro

Seruido

Azangaro - Calapuja

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO							TOTAL Vehic./hora		
	Autos	Veloc. Aprox. Km/hra	Combis C. Rural	Veloc. Aprox. Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc. Aprox. Km/hra	Omnibus	Veloc. Aprox. Km/hra	CAMIONES				SEMIRAYLER				
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra		5E	Km/hra
0	1					30 km/hra											1
1	2	1	100 km/hra	2	90 km/hra							2	70 km/hra				5
2	3	1	90 km/hra	1	80 km/hra					1	60 km/hra						3
3	4			1	90 km/hra							2	70 km/hra				3
4	5			9	90 km/hra												9
5	6			8	80 km/hra			1	80 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra				12
6	7	1	90 km/hra	5	80 km/hra	1	80 km/hra	2	80 km/hra					1	60 km/hra		11
7	8	1	90 km/hra	10	90 km/hra	2	80 km/hra	1	70 km/hra	4	70 km/hra	1	80 km/hra		1	60 km/hra	20
8	9			9	90 km/hra	2	80 km/hra					1	70 km/hra				12
9	10	6	80 km/hra	8	80 km/hra	1	70 km/hra			4	70 km/hra						19
10	11			2	70 km/hra	2	80 km/hra	3	70 km/hra	3	70 km/hra						11
11	12	2	80 km/hra	3	80 km/hra	1	80 km/hra			2	80 km/hra	1	70 km/hra				9
12	13	4	100 km/hra	5	80 km/hra	1	80 km/hra			3	70 km/hra	1	60 km/hra				14
13	14	1	70 km/hra	5	90 km/hra		70 km/hra	2	70 km/hra	1	80 km/hra	1	60 km/hra		1	50 km/hra	12
14	15	1	80 km/hra	4	80 km/hra		70 km/hra	1	80 km/hra	3	80 km/hra	1	60 km/hra				11
15	16	2	90 km/hra	7	80 km/hra					2	70 km/hra						11
16	17	3	90 km/hra	3	90 km/hra	2	70 km/hra			2	70 km/hra	1	70 km/hra				11
17	18	3	90 km/hra	10	80 km/hra	1	80 km/hra	1	80 km/hra								15
18	19	1	90 km/hra	8	80 km/hra	2	80 km/hra			2	60 km/hra	2	60 km/hra				16
19	20			2	90 km/hra	1	70 km/hra			3	60 km/hra	2	60 km/hra				8
20	21	2	90 km/hra	1	80 km/hra			1	70 km/hra			1	60 km/hra		60 km/hra		6
21	22	2	90 km/hra	1	80 km/hra							2	60 km/hra				4
22	23	1	90 km/hra	1	80 km/hra									1	60 km/hra		3
23	24							1	60 km/hra								1
TOTAL		32		107		19		13		32		20		3		2	228

CONTEO DE VEHICULOS DIARIO

Carretera Calapuja - Azangaro
Ubicación: 0+200

Senido Calapuja - Azangaro
Fecha: 17/06/2014

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO								TOTAL Vehic./hora		
	Autos	Veloc. Aprox. Km/hra	Combs C. Rural	Veloc. Aprox. Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc. Aprox. Km/hra	Onnibus	Veloc. Aprox. Km/hra	CAMIONES				SEM TRAYLER					
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra	5E		Km/hra	
0	1	1	90 km/hra	1	80 km/hra													2
1	2	2	90 km/hra				2	60 km/hra			2	60 km/hra						6
2	3			1	50 km/hra					1	60 km/hra	1	50 km/hra					3
3	4			1	90 km/hra								2	60 km/hra				3
4	5	3	90 km/hra	3	80 km/hra		2	60 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra	2	60 km/hra		1	60 km/hra	11
5	6			5	80 km/hra		2	80 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra	2	60 km/hra				11
6	7	1	100 km/hra	4	80 km/hra	1	80 km/hra	2	60 km/hra	2	60 km/hra							10
7	8	4	90 km/hra	6	90 km/hra	1	80 km/hra	3	60 km/hra	3	60 km/hra			1	60 km/hra			18
8	9	3	90 km/hra	5	80 km/hra	2	70 km/hra	1	60 km/hra		60 km/hra			1	60 km/hra			13
9	10	4	90 km/hra	4	80 km/hra	2	80 km/hra	3	60 km/hra		50 km/hra	2	70 km/hra					16
10	11	2	100 km/hra	6	70 km/hra			1	70 km/hra		50 km/hra			1	50 km/hra			13
11	12			4	70 km/hra	1	80 km/hra			2	60 km/hra	2	60 km/hra					9
12	13	5	90 km/hra	4	80 km/hra	1	70 km/hra	2	60 km/hra	2	60 km/hra	3	60 km/hra					15
13	14			2	80 km/hra	3	70 km/hra	3	60 km/hra	3	60 km/hra	1	60 km/hra			1	50 km/hra	13
14	15	2	90 km/hra	5	80 km/hra	2	70 km/hra			1	60 km/hra	2	60 km/hra	1	50 km/hra	1	50 km/hra	14
15	16	2	90 km/hra	4	80 km/hra	3	70 km/hra	1	70 km/hra	3	60 km/hra	3	60 km/hra					16
16	17	6	90 km/hra	7	80 km/hra	1	80 km/hra	2	60 km/hra	3	50 km/hra							19
17	18			7	60 km/hra	2	70 km/hra			1	50 km/hra	2	60 km/hra					12
18	19	3	80 km/hra	5	60 km/hra	1	80 km/hra	1	60 km/hra	7	60 km/hra	2	60 km/hra	2	70 km/hra			21
19	20	4	90 km/hra	7	60 km/hra	1	80 km/hra			2	60 km/hra			1	60 km/hra			15
20	21	1	90 km/hra	1	80 km/hra					2	60 km/hra	1	50 km/hra	1	60 km/hra			6
21	22	1	60 km/hra	1	70 km/hra					1	60 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra	6
22	23									1	60 km/hra							1
23	24	1	80 km/hra	1	70 km/hra													2
TOTAL		43		66		23		24		38		25		11		4		254

Carretera Calapuja - Azangaro

Senido

Azangaro - Calapuja

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO								TOTAL Vehic./hora		
	Autos	Veloc. Aprox. Km/hra	Combs C. Rural	Veloc. Aprox. Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc. Aprox. Km/hra	Onnibus	Veloc. Aprox. Km/hra	CAMIONES				SEM TRAYLER					
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra	5E		Km/hra	
0	1	1	90 km/hra															1
1	2			2	30 km/hra							1	70 km/hra					3
2	3			1	30 km/hra					1	60 km/hra	1	60 km/hra					3
3	4			2	30 km/hra					2	30 km/hra	2	60 km/hra					6
4	5			6	30 km/hra													6
5	6			15	30 km/hra			2	70 km/hra	4	60 km/hra	1	60 km/hra					22
6	7	1	100 km/hra	4	80 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra			1	70 km/hra	1	70 km/hra			10
7	8	2	90 km/hra	8	80 km/hra	2	70 km/hra	2	70 km/hra	4	60 km/hra	2	60 km/hra					20
8	9			10	80 km/hra	2	80 km/hra			1	70 km/hra							13
9	10	7	80 km/hra	9	80 km/hra	2	80 km/hra			1	70 km/hra							19
10	11			3	80 km/hra	1	80 km/hra	2	70 km/hra	3	70 km/hra							9
11	12	2	90 km/hra	3	90 km/hra	1	80 km/hra			2	70 km/hra	1	70 km/hra					9
12	13	2	90 km/hra	5	80 km/hra	1	80 km/hra			2	70 km/hra	1	70 km/hra					12
13	14	1	100 km/hra	6	90 km/hra	1	70 km/hra	3	70 km/hra	1	60 km/hra	1	70 km/hra			1	60 km/hra	14
14	15	2	90 km/hra	3	80 km/hra	1	80 km/hra	1	80 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra					9
15	16	2	90 km/hra	6	80 km/hra					2	60 km/hra							10
16	17	1	90 km/hra	3	90 km/hra	2	80 km/hra			2	50 km/hra	1	60 km/hra					9
17	18	2	90 km/hra	9	90 km/hra	2	80 km/hra											11
18	19	1	90 km/hra	7	80 km/hra	2	30 km/hra			1	50 km/hra	2	60 km/hra					13
19	20			2	80 km/hra	1	30 km/hra			2	60 km/hra	2	60 km/hra					7
20	21	1	90 km/hra	2	80 km/hra			3	70 km/hra					1	70 km/hra			7
21	22	3	80 km/hra	1	90 km/hra							2	60 km/hra					15
22	23			1	80 km/hra			3	70 km/hra	1	60 km/hra			1	70 km/hra			6
23	24																	3
TOTAL		28		106		20		17		30		19		3		2		221

CONTEO DE VEHICULOS DIARIO

Carretera Calapuya-Azangaro
Ubicacion: D-200

Sentido: Calapuya-Azangaro
Fecha: 13/06/2004

Hora	TRAFICO LIGERO						TRAFICO PESADO										TOTAL Vehic./hora	
	Autos	Velox Aprox. Km/hra	Combis C. Rural	Velox Aprox. Km/hra	Micos y Minibuses	Velox Aprox. Km/hra	Omnibus	Velox Aprox. Km/hra	CAMIONES			SEMITRAYLER						
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra	5E	Km/hra		
0	1	1	30 km/hra															1
1	2			1	80 km/hra													1
2	3						2	50 km/hra				2	70 km/hra	1	70 km/hra			5
3	4	2	90 km/hra	1	80 km/hra				2	70 km/hra		2	60 km/hra			1	70 km/hra	8
4	5			4	80 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra	1	50 km/hra	2	60 km/hra					10
5	6	1	90 km/hra	2	90 km/hra	2	80 km/hra	2	60 km/hra	2	50 km/hra	1	60 km/hra					10
6	7	1	90 km/hra	6	80 km/hra	1	80 km/hra	1	80 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra			11
7	8	5	90 km/hra	6	80 km/hra	2	80 km/hra	1	60 km/hra	1	50 km/hra	2	60 km/hra					17
8	9	3	90 km/hra	6	85 km/hra	1	80 km/hra	4	70 km/hra	2	60 km/hra					1	70 km/hra	17
9	10	3	90 km/hra	4	80 km/hra			1	80 km/hra			1	60 km/hra					9
10	11	2	90 km/hra	6	80 km/hra	2	80 km/hra			2	50 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra			14
11	12	3	90 km/hra	2	85 km/hra	1	80 km/hra	2	70 km/hra			4	60 km/hra					12
12	13	3	90 km/hra	4	90 km/hra			1	70 km/hra	2	60 km/hra	4	60 km/hra			1	70 km/hra	16
13	14			4	90 km/hra	2	80 km/hra	1	70 km/hra	2	60 km/hra	4	60 km/hra					13
14	15	1	90 km/hra	9	80 km/hra	2	80 km/hra			2	60 km/hra	2	50 km/hra	1	70 km/hra	1	60 km/hra	19
15	16	4	90 km/hra	6	90 km/hra	3	80 km/hra	1	80 km/hra	3	60 km/hra	2	60 km/hra					20
16	17	3	90 km/hra	8	90 km/hra	1	70 km/hra	3	80 km/hra	2	50 km/hra							17
17	18			6	90 km/hra	1	70 km/hra			2	50 km/hra	2	60 km/hra					11
18	19	4	90 km/hra	7	80 km/hra			2	80 km/hra	3	60 km/hra	4	60 km/hra	1	70 km/hra			21
19	20	1	90 km/hra	6	80 km/hra	1	80 km/hra			1	50 km/hra			1	60 km/hra			10
20	21	1	90 km/hra	1	80 km/hra	1	80 km/hra	1	80 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra					5
21	22	1	90 km/hra	1	90 km/hra					1	60 km/hra	1	60 km/hra	1	70 km/hra	1	60 km/hra	6
22	23											2	50 km/hra					2
23	24	2	90 km/hra	1	80 km/hra													3
TOTAL		41		91		21		23		29		41		7		5		206

Carretera Calapuya-Azangaro

Sentido

Azangaro-Calapuya

Hora	TRAFICO LIGERO						TRAFICO PESADO										TOTAL Vehic./hora	
	Autos	Velox Aprox. Km/hra	Combis C. Rural	Velox Aprox. Km/hra	Micos y Minibuses	Velox Aprox. Km/hra	Omnibus	Velox Aprox. Km/hra	CAMIONES			SEMITRAYLER						
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra	5E	Km/hra		
0	1	2	90 km/hra				1	60 km/hra										3
1	2			2	80 km/hra							3	70 km/hra					5
2	3			2	80 km/hra					3	60 km/hra							5
3	4	1	90 km/hra	1	70 km/hra			1	60 km/hra			1	70 km/hra					4
4	5			7	50 km/hra											1	70 km/hra	8
5	6			10	80 km/hra			1	60 km/hra	3	60 km/hra	1	80 km/hra					15
6	7	2	90 km/hra	12	50 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra					1	70 km/hra			18
7	8	3	100 km/hra	9	80 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra	3	50 km/hra	2	80 km/hra					19
8	9			8	50 km/hra	1	80 km/hra					2	70 km/hra					11
9	10	4	90 km/hra	9	80 km/hra	1	70 km/hra			1	50 km/hra							15
10	11			3	90 km/hra	3	80 km/hra	2	70 km/hra	2	60 km/hra							10
11	12	4	90 km/hra	4	50 km/hra	2	80 km/hra	1	50 km/hra	2	60 km/hra	1	70 km/hra					14
12	13	2	90 km/hra	7	90 km/hra	1	80 km/hra			1	50 km/hra	1	60 km/hra					12
13	14	2	90 km/hra	5	90 km/hra	1	80 km/hra	2	60 km/hra	2	50 km/hra	2	70 km/hra					15
14	15	3	90 km/hra	4	90 km/hra	1	80 km/hra	1	70 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra					11
15	16	1	90 km/hra	5	90 km/hra					2	50 km/hra			1	80 km/hra			9
16	17	1	70 km/hra	4	70 km/hra	3	70 km/hra			1	60 km/hra	1	60 km/hra					10
17	18	2	80 km/hra	6	80 km/hra	1	80 km/hra	1	80 km/hra									10
18	19	1	90 km/hra	5	80 km/hra	2	80 km/hra			2	60 km/hra	2	50 km/hra					12
19	20			3	80 km/hra	1	80 km/hra			2	50 km/hra	2	60 km/hra					8
20	21	2	90 km/hra	1	90 km/hra			1	70 km/hra			1	50 km/hra	1	70 km/hra			6
21	22			1	80 km/hra							2	50 km/hra					3
22	23			1	70 km/hra													2
23	24			1	80 km/hra									1	70 km/hra			2
TOTAL		30		110		20		14		25		24		4		2		227

CONTEDO DE VEHICULOS DIARIO

Carretera Calapuya-Azargaro
Ubicacion: 0+20

Sentido Calapuya-Azargaro
Fecha: 19/06/2004

Hora	TRAFICO LIGERO						TRAFICO PESADO								TOTAL Vehic./hora			
	Autos	Veloc. Aprox. Km/hra	Combs. C. Rural	Veloc. Aprox. Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc. Aprox. Km/hra	Omnibus	Veloc. Aprox. Km/hra	CAMIONES				SEMITRAYLER					
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra		5E	Km/hra	
0	1																0	
1	2	1	50 km/hra				70 km/hra			1	50 km/hra						3	
2	3							1	70 km/hra			1	50 km/hra	1	50 km/hra		3	
3	4			2	80 km/hra					3	60 km/hra	2	60 km/hra	1	50 km/hra		8	
4	5											1	50 km/hra				1	
5	6			3	80 km/hra	1	70 km/hra	3	60 km/hra	1	50 km/hra	1	60 km/hra				9	
6	7	2	100 km/hra	6	90 km/hra	1	80 km/hra	2	70 km/hra	1	60 km/hra						12	
7	8	6	80 km/hra	7	90 km/hra			2	70 km/hra					1	70 km/hra	2	70 km/hra	18
8	9	3	50 km/hra	6	80 km/hra	3	70 km/hra	2	70 km/hra	2	70 km/hra	1	60 km/hra				17	
9	10			5	90 km/hra	2	70 km/hra					1	60 km/hra				8	
10	11	3	90 km/hra	6	90 km/hra			3	70 km/hra						70 km/hra		13	
11	12	1	100 km/hra	4	80 km/hra	1	70 km/hra	2	70 km/hra			2	70 km/hra				10	
12	13	1	100 km/hra	5	80 km/hra	1	70 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra				11	
13	14			4	90 km/hra	3	80 km/hra	1	80 km/hra	1	70 km/hra	4	60 km/hra			1	70 km/hra	14
14	15	2	80 km/hra	7	80 km/hra	2	70 km/hra			1	70 km/hra	3	60 km/hra	1	70 km/hra		16	
15	16	3	90 km/hra	4	90 km/hra	4	70 km/hra	2	70 km/hra	2	70 km/hra	2	60 km/hra			1	60 km/hra	17
16	17	5	90 km/hra	7	90 km/hra	1	80 km/hra	2	70 km/hra	3	60 km/hra							18
17	18			6	80 km/hra	3	80 km/hra			3	60 km/hra	1	60 km/hra					13
18	19	4	80 km/hra	9	80 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra	5	60 km/hra	2	60 km/hra	1	60 km/hra		24	
19	20	2	90 km/hra	5	90 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra	1	60 km/hra			1	60 km/hra		12	
20	21	4	90 km/hra	2	80 km/hra					2	80 km/hra	1	50 km/hra					9
21	22		80 km/hra	1	80 km/hra					1	60 km/hra	2	60 km/hra	1	60 km/hra	1	70 km/hra	7
22	23			1	70 km/hra					1	70 km/hra							2
23	24		80 km/hra															1
TOTAL		39		90		25		24		32		25		8		3		245

Carretera Calapuya-Azargaro

Sentido

Azargaro - Calapuya

Hora	TRAFICO LIGERO						TRAFICO PESADO								TOTAL Vehic./hora			
	Autos	Veloc. Aprox. Km/hra	Combs. C. Rural	Veloc. Aprox. Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc. Aprox. Km/hra	Omnibus	Veloc. Aprox. Km/hra	CAMIONES				SEMITRAYLER					
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra		5E	Km/hra	
0	1	1	90 km/hra															1
1	2			2	80 km/hra							3	60 km/hra					5
2	3			2	80 km/hra								60 km/hra					3
3	4			1	90 km/hra							3	50 km/hra					4
4	5			8	90 km/hra													8
5	6			11	90 km/hra			1	60 km/hra	3	50 km/hra	1	50 km/hra				16	
6	7	1	100 km/hra	6	80 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra					1	60 km/hra		10	
7	8	2	100 km/hra	6	90 km/hra	2	70 km/hra	1	60 km/hra	5	60 km/hra			1	50 km/hra		17	
8	9			8	90 km/hra	3	70 km/hra					1	50 km/hra				12	
9	10	5	80 km/hra	7	90 km/hra	1	70 km/hra	2	70 km/hra	2	60 km/hra				1	50 km/hra	18	
10	11			3	90 km/hra	2	70 km/hra	3	60 km/hra	2	50 km/hra			1	60 km/hra		11	
11	12	1	90 km/hra	4	90 km/hra	1	70 km/hra			1	60 km/hra	2	60 km/hra				9	
12	13	4	100 km/hra	8	90 km/hra	1	70 km/hra			1	60 km/hra	2	70 km/hra				16	
13	14	2	80 km/hra	4	90 km/hra			2	60 km/hra	1	60 km/hra					1	60 km/hra	10
14	15	3	90 km/hra	4	90 km/hra	1	60 km/hra	1	50 km/hra	2	50 km/hra	1	70 km/hra				12	
15	16	1	90 km/hra	5	90 km/hra					1	50 km/hra						7	
16	17	1	90 km/hra	3	90 km/hra	2	70 km/hra					1	90 km/hra				6	
17	18	1	90 km/hra	6	80 km/hra	1	60 km/hra	1	60 km/hra								11	
18	19	1	90 km/hra	2	80 km/hra	2	70 km/hra			2	50 km/hra	2	90 km/hra				9	
19	20	2	80 km/hra	2	80 km/hra	1	70 km/hra					2	50 km/hra				7	
20	21	3	80 km/hra	2	70 km/hra			2	60 km/hra			1	60 km/hra	1	50 km/hra		11	
21	22	2	90 km/hra	1	70 km/hra							2	50 km/hra				5	
22	23	1	90 km/hra	1	70 km/hra									1	50 km/hra		3	
23	24							2	60 km/hra								2	
TOTAL		25		96		18		16		25		21		5		2		212

CONTEO DE VEHICULOS DIARIO

Carretera Calapuya - Azangano
Ubicación 0+200

Sentido Calapuya - Azangano
Fecha 20/06/2004

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO								TOTAL Vehic/hora		
	Autos	Veloc Aprox Km/hra	Camións C Rural	Veloc Aprox Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc Aprox Km/hra	Omnibus	Veloc Aprox Km/hra	CAMIONES				SEMIRRAYLER					
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra	5E		Km/hra	
0	1	1	90 km/hra															1
1	2	1	80 km/hra						2	60 km/hra								5
2	3						2	70 km/hra			1	50 km/hra	1	60 km/hra				4
3	4			1	80 km/hra				1	60 km/hra	1	50 km/hra			1	60 km/hra		4
4	5			3	80 km/hra						1	50 km/hra						4
5	6	5	90 km/hra	3	80 km/hra	1	80 km/hra	1	80 km/hra	2	60 km/hra	2	50 km/hra					14
6	7	1	90 km/hra	6	80 km/hra	2	80 km/hra	2	70 km/hra	2	50 km/hra							13
7	8	5	90 km/hra	5	80 km/hra	3	80 km/hra	1	70 km/hra	4	50 km/hra	1	60 km/hra	1	50 km/hra			20
8	9	3	90 km/hra	6	80 km/hra	2	70 km/hra	2	70 km/hra	1	50 km/hra				1	50 km/hra		17
9	10	2	80 km/hra	6	80 km/hra	3	70 km/hra	2	70 km/hra	1	50 km/hra	2	50 km/hra					16
10	11	1	90 km/hra	7	80 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra					1	50 km/hra			11
11	12	4	90 km/hra	2	70 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra			1	50 km/hra					14
12	13	1	80 km/hra	5	80 km/hra	1	60 km/hra	3	70 km/hra	1	40 km/hra	4	60 km/hra					15
13	14			5	60 km/hra	3	80 km/hra	1	70 km/hra	2	50 km/hra	5	50 km/hra					16
14	15	2	90 km/hra	8	80 km/hra	3	70 km/hra			1	50 km/hra	3	50 km/hra	1	60 km/hra	1	50 km/hra	19
15	16	3	90 km/hra	8	90 km/hra	4	80 km/hra	1	70 km/hra	2	50 km/hra	3	60 km/hra					18
16	17	4	80 km/hra	8	80 km/hra	1	80 km/hra	2	70 km/hra	1	60 km/hra							16
17	18			6	80 km/hra	2	70 km/hra			3	50 km/hra	1	50 km/hra					12
18	19	5	80 km/hra	5	80 km/hra	3	70 km/hra	1	80 km/hra	3	50 km/hra	2	60 km/hra		1	50 km/hra		20
19	20	1	90 km/hra	6	40 km/hra	1	70 km/hra			2	50 km/hra			1	50 km/hra			11
20	21	2	90 km/hra	1	70 km/hra					1	60 km/hra	2	60 km/hra		1	50 km/hra		7
21	22	1	80 km/hra							1	50 km/hra	1	60 km/hra	1	50 km/hra			4
22	23			1	70 km/hra					1	50 km/hra							2
23	24		80 km/hra	1	80 km/hra													2
TOTAL		45		92		32		29		31		34		7		4		265

Carretera Calapuya - Azangano

Sentido

Azangano - Calapuya

Hora	TRAFICO LIGERO							TRAFICO PESADO								TOTAL Vehic/hora		
	Autos	Veloc Aprox Km/hra	Camións C Rural	Veloc Aprox Km/hra	Micros y Minibuses	Veloc Aprox Km/hra	Omnibus	Veloc Aprox Km/hra	CAMIONES				SEMIRRAYLER					
									2E	Km/hra	3E	Km/hra	4E	Km/hra	5E		Km/hra	
0	1																	0
1	2	2	90 km/hra	1	80 km/hra							2	50 km/hra					5
2	3			2	80 km/hra					1	60 km/hra							3
3	4			1	50 km/hra							3	50 km/hra					4
4	5			8	70 km/hra													8
5	6			12	80 km/hra			1	70 km/hra	4	50 km/hra	1	60 km/hra					18
6	7	1	100 km/hra	4	80 km/hra	1	70 km/hra	1	70 km/hra					2	50 km/hra			9
7	8	1	100 km/hra	9	80 km/hra	3	70 km/hra			4	60 km/hra	1	60 km/hra					18
8	9	1	90 km/hra	6	60 km/hra	2	70 km/hra	1	70 km/hra			1	50 km/hra			1	60 km/hra	12
9	10	5	90 km/hra	9	60 km/hra	1	80 km/hra			1	60 km/hra							16
10	11			1	80 km/hra	2	70 km/hra	1	60 km/hra	2	50 km/hra							7
11	12	1	90 km/hra	4	80 km/hra	1	70 km/hra			2	60 km/hra	2	50 km/hra					10
12	13	2	80 km/hra	5	90 km/hra	2	70 km/hra			2	60 km/hra	1	50 km/hra					12
13	14			6	80 km/hra	1	80 km/hra	2	70 km/hra	3	50 km/hra	1	50 km/hra			1	50 km/hra	14
14	15	1	90 km/hra	4	90 km/hra	2	80 km/hra	1	70 km/hra	2	50 km/hra	1	60 km/hra					11
15	16	3	80 km/hra	5	80 km/hra					3	50 km/hra							11
16	17	1	90 km/hra	4	80 km/hra	1	80 km/hra			2	60 km/hra	1	60 km/hra					9
17	18	3	90 km/hra	8	80 km/hra			1	70 km/hra									11
18	19	1	90 km/hra	3	70 km/hra	2	70 km/hra				2	50 km/hra	2	50 km/hra				15
19	20			3	80 km/hra	1	70 km/hra			3	50 km/hra	1	50 km/hra					8
20	21	2	50 km/hra	1	90 km/hra			1	70 km/hra			2	60 km/hra	1	60 km/hra			7
21	22	2	80 km/hra	1	80 km/hra							1	50 km/hra					4
22	23	1	80 km/hra	1	90 km/hra									2	50 km/hra			4
23	24	1	70 km/hra															1
TOTAL		28		102		19		9		12		20		5		2		117

Análisis del Tráfico

Las conclusiones del estudio de tráfico indican que los volúmenes mayores de tránsito se producen en horas de la mañana y de la tarde siendo las horas pico en la mañana.

Los vehículos que más circulan en las vías son los que denominamos combis, el tráfico pesado principalmente proviene de las unidades de las minas San Rafael y de camiones que transportan madera cuyo origen es de Maldonado (Madre de Dios), la velocidad podríamos caracterizarla en dos grupos el primero de tráfico pesado y el segundo de tráfico ligero con velocidades promedio de 60 y 80 km/hr respectivamente.

Se ha encontrado del conteo de tráfico que en esta vía el Índice Medio de Tráfico es de 478 vehículos

ANEXO

MANTENIMIENTO DE LA OBRA

Con el objetivo de mantener las condiciones de transitabilidad de la vía debe aplicarse una política de mantenimiento rutinario que permita la conservación de los componentes, con el fin de conservar el nivel de seguridad y confort al usuario, para de esta manera mantener el nivel de performance y servicio para lo que fue construido.

Estos trabajos de conservación recomendados entre otros comprende:

1.- Periódicos

- *Limpieza de entradas y salidas de alcantarillas.*
- *Limpieza de cunetas y zanjas de drenaje*
- *Repintado de señalización horizontal sobre el pavimento*
- *Reparaciones de señalización vertical*

Estos trabajos deben hacerse en periodo de mayo a octubre antes y después de las lluvias que pueden presentarse.

2.- No periódicos

- *Corrección de defectos en la vía como baches que pueden presentarse en forma inesperada y que es necesario reparar rápidamente.*
- *Retiro de desperdicios, escombros, piedras, etc. dejados por los usuarios*
- *Reposición de señales verticales*

Estos trabajos deben ser ejecutados cuando se presenten, no dependiendo de una periodicidad.

Se recomienda como conclusión, que es necesario que se implemente el respectivo mantenimiento para retardar el deterioro de la carpeta asfáltica manteniendo su índice de rugosidad, evitando su fisuramiento, descascaramiento, ahuellamiento y presencia de baches.

CUADRO A1-1

VOLUMEN VEHICULAR, POR DIA, DIRECCION Y TIPO DE VEHICULO, EN VALORES ABSOLUTOS Y RELATIVOS INDICE MEDIO DIARIO ANUAL, I.M.D.A., POR DIRECCION Y TIPO DE VEHICULO

CARRETERA/CALAPUJA - AZANGARO

Estacion: Km. 0+200

DIA	DIRECCION	VEHICULOS LIGEROS			OMNIBUSES	VEHICULOS PESADOS				TOTAL	%
		AUTOS	COMBIS C.RURAL	MICROS Y MINIBUSES		CAMIONES		SEMITRAYLER			
						2E	3E	4E	5E		
14/06/2004	Calapuja - Azangaro	29	96	27	26	25	31	8	3	245	52%
	Azangaro - Calapuja	28	113	19	14	28	19	3	1	225	48%
	Ambas	57	209	46	40	53	50	11	4	470	100%
15/06/2004	Calapuja - Azangaro	55	84	18	21	26	35	9	3	251	52%
	Azangaro - Calapuja	31	111	19	13	32	19	3	2	230	48%
	Ambas	86	195	37	34	58	54	12	5	481	100%
16/06/2004	Calapuja - Azangaro	47	86	31	23	30	31	10	4	262	53%
	Azangaro - Calapuja	32	107	19	13	32	20	3	2	228	47%
	Ambas	79	193	50	36	62	51	13	6	490	100%
17/06/2004	Calapuja - Azangaro	43	86	23	24	38	26	11	4	255	53%
	Azangaro - Calapuja	28	108	20	17	30	19	3	2	227	47%
	Ambas	71	194	43	41	68	45	14	6	482	100%
18/06/2004	Calapuja - Azangaro	41	91	21	23	29	41	7	5	258	53%
	Azangaro - Calapuja	30	110	20	14	25	22	4	2	227	47%
	Ambas	71	201	41	37	54	63	11	7	485	100%
19/06/2004	Calapuja - Azangaro	39	90	25	24	32	25	8	3	246	54%
	Azangaro - Calapuja	29	96	18	16	25	21	5	2	212	46%
	Ambas	68	186	43	40	57	46	13	5	458	100%
20/06/2004	Calapuja - Azangaro	45	92	32	20	31	34	7	4	265	55%
	Azangaro - Calapuja	28	102	19	9	32	20	5	2	217	45%
	Ambas	73	194	51	29	63	54	12	6	482	100%
I.M.D.	Calapuja - Azangaro	43	89	25	23	30	32	9	4	255	53%
	Azangaro - Calapuja	29	107	19	14	29	20	4	2	224	47%
	Ambas	72	196	44	37	59	52	12	6	478	100%
%	Ambas	15%	41%	9%	8%	12%	11%	3%	1%	100%	

Fuente: Estudio de Trafico Post Obra - Junio 2004

ANÁLISIS DE TRÁFICO

El análisis tiene como objetivo conocer el volumen de vehículos que circulan en la actualidad por la vía a proyectar, su clasificación por tipo de vehículo y sus orígenes y destinos, con el fin de determinar las demandas que se generen sobre la vía durante los próximos años.

De manera somera puede señalarse la secuencia planificada para concretizar el análisis antes mencionado:

- a) Determinar las ubicaciones de las Estaciones de Control.
- b) Ejecución del estudio volumétrico por un período mínimo de 7 días a fin de establecer las características actuales y futuras de tráfico.
- c) Evaluación, cálculo y aplicación de los Factores de Corrección Diario, Semanal, Mensual y/o Estacional y posterior cálculo del IMDA (Índice Medio Diario Anual). Este es el parámetro fundamental para diseñar posteriormente el pavimento.
- d) Paralelamente, realizar las Encuestas Origen – Destino y plasmarlos en las respectivas Matrices de Origen – Destino; que permitirán determinar las zonas generadoras. Las zonas generadoras de vehículos de carga se emplean para determinar el PBI y PBI per cápita de la zona de influencia de la carretera, asimismo los orígenes y destinos de los pasajeros serán determinados para calcular la población del área de influencia de la carretera; otros resultados de la encuesta origen – destino son el tipo de vehículo, ocupabilidad, motivo de viaje, profesión, ingreso económico de los pasajeros, y la cantidad y tipo de carga transportada. Algunos de estos datos deben insumirse en la evaluación económica del proyecto.
- e) Ejecución de un Censo de Cargas, a fin de determinar los verdaderos Factores Destructivos por tipo de vehículo. Estos factores representan el efecto destructivo de las cargas transmitidas al pavimento por los vehículos pesados que circulan por la carretera en estudio. Mas aún, en la actualidad estos factores son válidos solo para presiones de inflado de llantas igual o menor a 80 psi, si sobrepasan este valor, los factores antedichos deben ser corregidos.
- f) Finalmente, los datos de IMDA y Factores Destructivos Corregidos nos permite efectuar el cálculo del número de ejes equivalentes (EAL) más representativo a ser empleado en el diseño.

En el caso de éste proyecto específico, de los registros de campo empleados para la ejecución de los estudios respectivos se observó que la circulación es baja. Además, no se cuenta con el documento inicial de estudio de tráfico, por lo que algunos parámetros deben ser asumidos. Esto ha ocasionado que no se lleve a cabo la secuencia descrita líneas arriba

dado que no se obtendría información representativa válida para el tramo en estudio, por lo que el resultado que obtengamos sería en todo caso referencial.

Se ha optado entonces por utilizar un método alternativo, no por ello menos eficiente, para calcular el número de ejes equivalentes. Este método es el recomendado por el Manual "Synthesis 4 Design of Low – Volume Roads" de la Transportations Research Board. Para ello, es necesario estimar el número promedio de vehículos diario (IMD), el cual sustentará posteriormente el índice anualizado para el año base. La estimación adoptada debe considerar un nivel de confiabilidad similar a los que se tendría si se contase con límites de confianza de la regresión de una serie histórica si se conociese.

Adicionalmente, dado que este proyecto posibilitará un incremento de flujo vehicular, debe tomarse en cuenta que el número de unidades aumente gradualmente con el tiempo siendo necesario por ello, que se adopte, para el diseño, un valor de tráfico que contemple todas las solicitudes futuras a los que estará sometido el pavimento.

Del Estudio de Tráfico Post – Obra (Cuadro A1-1), tenemos que:

Indice Medio Diario (IMD) = 478

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES.

El método consiste en determinar un Factor de Tráfico Mixto (M) basado en tres (03) categorías de porcentajes de vehículos pesados (bajo, mediano y alto) y tres (03) categorías de rango probable de la distribución de ejes de carga (ligero, medio y pesado) de los vehículos pesados. Obviamente debe efectuarse un apropiado análisis cualitativo a priori a fin de adoptar el valor M más idóneo. Los valores del Factor de Tráfico Mixto, están tabulados en el siguiente cuadro.

Cuadro A1-2
Factor de Tráfico Mixto

Distribución de Carga (N₁₈ x camión)	Porcentaje de Vehículos Pesados		
	Bajo (< 15%)	Mediano (15 – 25%)	Alto (> 25%)
Ligero	9	18	27
Medio	23	46	69
Pesado	37	73	110

Para entrar al cuadro A1-2 se deben definir las características del tráfico en función de los parámetros y rangos establecidos, así como características probables más representativas.

- Porcentaje de vehículos pesados : 35% Alto (mayor a 25%)
- Distribución de Cargas : Pesado.

Entonces el factor de Trafico Mixto correspondiente será de: $M = 110$

Una vez determinado el parámetro M , el cálculo del Número de Ejes Equivalentes previsto durante el período de diseño, en función de la tasa de crecimiento, se realiza en forma convencional.

Para el cálculo de Número de Ejes Equivalentes (EAL) se dispone de la siguiente información:

Índice medio Diario	:	478
Tasa de crecimiento	:	5% (proyección de tráfico asumida)
Periodo de Diseño	:	20 años

El número total acumulado de Ejes Equivalentes (EAL), durante el período de diseño es:

$$EAL_{(10\text{años})} = (IMD \times M) \frac{[(1+i)^n - 1]}{\ln(1+i)}$$

Donde:

IMD	:	Índice Medio Diario
M	:	Factor de Trafico Mixto.
i	:	Tasa de Crecimiento.
n	:	Periodo de Diseño.

Reemplazando la información disponible en la respectiva fórmula obtenemos:

$$EAL_{(20\text{ años})} = 1.8 \times 10^6 \text{ repeticiones}$$

El valor obtenido es menor que el utilizado para el diseño del pavimento en la etapa de diseño, por lo que se podría considerar que no hubo variación en el flujo vehicular en el área del proyecto.

Anexo 2

Registros de Ejecución de Calicatas de Replanteo

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	28+875	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	002	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	18/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico , vegetal.		
0.20					
0.30	E-1		Densidad natural = 1636 Kg/m3.	SM	A-4(8)
0.40			Humedad natural = 14.5%		
0.50					
0.60					
0.70					
0.80			Arena limosa, color marrón claro, medianamente húmedo en estado semi-compacto.		
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50			Densidad natural = 1283 Kg/m3.		
			Humedad natural = 21.7%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	29+125	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	003	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	18/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1608 Kg/m3.	CL-ML	A-4(2)
0.50			Humedad natural = 18.3%		
0.60					
0.70			Arcilla limosa de baja plasticidad, color marrón, ligeramente húmeda en, estado semi-compacto.		
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20	E-2		Arena fina limpia, color plomo, medianamente húmeda en estado semi-compacto.	SP	A-1-b(0)
1.30					
1.40					
1.50			Densidad natural = 1491 Kg/m3.		
			Humedad natural = 10.4%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	30+375	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	008	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico		
0.20					
0.30	E-1		Densidad natural = 1706 Kg/m3. Humedad natural = 17.3%	CL	A-6(11)
0.40		Arcilla limosa medianamente plástica, color marrón oscuro, muy húmedo en estado semi-compacto.			
0.50					
0.60				CL-ML	A-4(8)
0.70	E-2		Arcilla limosa ligeramente plástica, color marrón claro, medianamente húmeda en estado semi compacto.		
0.80					
0.90					
1.00					
1.10				SP-SM	A-2-4(0)
1.20					
1.30	E-3		Arena limosa fina ,color plomo claro con puntos anaranjados ligeramente húmeda, en estado semi-compacto.		
1.40					
1.50			Densidad natural = 1440 Kg/m3.		
1.60			Humedad natural = 8.0%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	30+625	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	009	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1508 Kg/m3. Humedad natural = 25.5%	CL	A-6(11)
0.50			Nivel de infiltración		
0.60			Arcilla limosa, ligeramente plástica color marrón oscuro, medianamente húmeda, en estado compacto.		
0.70					
0.80	E-2		Arcilla limosa, ligeramente plástico, color marrón claro, medianamente húmedo, en estado semi-compacto	CL	A-6(8)
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30	E-3		limo arenoso, color marrón claro, con presencia de puntos color anaranjado, medianamente húmeda en estado semi-compacto.	ML	A-4(8)
1.40					
1.50			Densidad natural = 1363 Kg/m3.		
1.60			Humedad natural = 26.6%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	31+125	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	011	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1399 Kg/m3.	OL	A-7-5(10)
0.50			Humedad natural = 31.9%		
0.60			Arcilla limosa orgánica, color marrón oscuro, de baja plasticidad, ligeramente húmeda en estado compacto.		
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30	E-2		Arcilla limosa, de baja plasticidad, color marrón claro con puntos anaranjados, ligeramente húmedo en estado semi-compacto.	CL	A-4(8)
1.40			Densidad natural = 1461 Kg/m3.		
1.50			Humedad natural = 26.2%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	31+625	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	013	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico		
0.20					
0.25					
0.30			Densidad natural = 1519 Kg/m3.		
			Humedad natural = 25.6%		
0.40	E-1		Arcilla limosa, medianamente plástica, de color marrón oscuro, muy húmeda, en estado semi-compacto, con presencia de raíces.	CL	A-7-6(14)
0.50					
0.60					
0.70	E-2		Limo arcilloso de plasticidad baja, color marrón claro, en estado semi-compacto, muy húmedo.	ML	A-4(8)
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30	E-3		Limo arenoso color verde petróleo, con puntos de color amarillo oscuro, medianamente húmedo en estado semi-compacto.	ML	A-4(8)
1.40					
1.50					
1.60			Densidad natural = 1441 Kg/m3.		
			Humedad natural = 27.5%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	31+875	Lado	Izquierdo	Localización	
Calicata	014	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1493 Kg/m3.	CL	A-6(10)
0.50			Humedad natural = 21.9%		
0.60			Arcilla limosa, de baja plasticidad, color marrón oscuro, medianamente húmeda, en estado compacto.		
0.70					
0.80					
0.85					
0.90	E-2			SM	A-4(1)
1.00					
1.10			Arena limosa fina, color amarillo oscuro con puntos de color anaranjado, medianamente húmedo en estado semi-compacto.		
1.20					
1.30					
1.40					
1.50			Densidad natural = 1473 Kg/m3.		
1.60			Humedad natural = 27.2%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	32+375	Lado	Izquierdo	Localización	
Calicata	016	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico, vegetal		
0.20					
0.25					
0.30	E-1		Densidad natural = 1519 Kg/m3.	CL	A-6(10)
			Humedad natural = 21.8%		
0.40					
0.50			Arcilla limosa, de baja plasticidad, color marrón oscuro, con presencia de raíces, muy húmedo en estado semi-compacto.		
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00	E-2			ML	A-4(8)
1.10			Limo arcilloso con poca plasticidad, color marrón claro, en estado semi-compacto, muy húmedo.		
1.20					
1.30					
1.40					
1.50			Densidad natural = 1392 Kg/m3.		
			Humedad natural = 31.2%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	32+625	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	017	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico , vegetal.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1538 Kg/m3.	CL-ML	A-4(8)
0.50			Humedad natural = 23.7%		
0.60			Arcilla limosa de baja plasticidad, color marrón oscuro, en estado semi-compacto, medianamente húmedo.		
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10	E-2			CL	A-4(8)
1.20			Arcilla limosa de baja plasticidad. color verde petróleo oscuro, en estado semi-compacto, medianamente húmedo.		
1.30					
1.40			Densidad natural = 1395 Kg/m3.		
1.50			Humedad natural = 28.8%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	33+125	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	019	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico, vegetal (Saturado)		
0.20					
0.30					
0.40			Densidad natural = 1446 Kg/m3. Humedad natural = 30.3%		
0.50					
0.60					
0.70					
0.80	E-1		Arcilla limosa de baja plasticidad, color marrón oscuro con puntos blanco humo, en estado semi-compacto, medianamente húmedo, con presencia de raíces.	CL	A-6(10)
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40	E-2		Densidad natural = 1337 Kg/m3. Humedad natural = 34.5% Arena limosa, color plomo claro con presencia de puntos anaranjados tipo óxido, en estado semi-compacto, medianamente húmeda.	SM	A-2-4(0)
1.50					
1.60					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	33+625	Lado	Izquierdo	Localización	
Calicata	021	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico vegetal.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad Natural = 1895 Kg/m3. Humedad Natural = 21.10 %	CH	A-7-6(16)
0.50			Arcilla de alta plasticidad, color café oscuro, con presencia de raíces, en estado semi-compacto, muy húmedo.		
0.60					
0.70	E-2			CL	A-6(7)
0.80					
0.90					
1.00			Arcilla limosa de baja plasticidad, color verde petróleo claro, medianamente húmeda, en estado compacto.		
1.10					
1.20					
1.30					
1.40	E-3		Arcilla limosa de baja plasticidad, color verde petróleo oscuro, en estado compacto, ligeramente húmeda.	CL	A-6(10)
1.50			Densidad Natural = 1319 Kg/m3. Humedad Natural = 24.0 %		

CARRETERA **CALAPUJA - AZANGARO**
TRAMO **Km. 28+500 - 46+605**
CONTRATISTA **CONSORCIO CALAPUJA**
SUPERVISION **: CONSORCIO VIAL SUR**

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	34+125	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	023	Prof.Excav.	1.40 m.		
Nivel Freático	1.30 m.	Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	14/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico saturado		
0.20					
0.30					
0.40					
0.50	E-1		Densidad Natural = 1314 Kg/m3. Humedad Natural = 33.2 %	CL	A-6(11)
0.60			Arcilla limosa de plasticidad media, color café oscuro, en estado semi-compacto, con alta humedad.		
0.70					
0.80					
0.90	E-2			CL	A-7-6(14)
1.00			Arcilla limosa, de plasticidad media, color verde petroleo claro con puntos color amarillento, en estado semi-compacto, con alta humedad.		
1.10					
1.20					
1.30			Nivel freático		
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	34+625	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	025	Prof.Excav.	1.45 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	15/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad Natural = 1288 Kg/m3. Humedad Natural = 40.7%	OH	A-7-5(16)
0.50			Arcilla de plasticidad media, color café oscuro con presencia de raíces, muy húmeda, en estado semi-compacto.		
0.60					
0.70					
0.75					
0.80	E-2			OL	A-7-6(14)
0.90					
1.00			Limo arcilloso de plasticidad media, color amarillento oscuro, con puntos anaranjado, muy húmedo, en estado semi-compacto.		
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.45		Nivel freático.			
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	34+875	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	026	Prof.Excav.	1.30 m.		
Nivel Freático	1.00 m.	Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	15/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1442 Kg/m3. Humedad natural = 55.2%	OH	A-7-5(15)
0.50			Arcilla de plasticidad media, con presencia de raíces, color café oscuro, muy húmeda, en estado semi-compacto.		
0.60					
0.70					
0.80					
0.90	E-2		Arcilla limosa, de baja plasticidad, color verde petróleo, muy húmeda en estado semi-compacto.	CL	A-6(8)
1.00			Nivel freático.		
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	35+125	Lado	Izquierdo	Localización	
Calicata	027	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático	1.45 m.	Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	15/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10					
0.20			Material orgánico.		
0.30					
0.40					
0.50			Densidad natural = 1279 Kg/m3. Humedad natural = 42.7%		
0.60					
0.70					
0.80					
0.90	E-1		Limo orgánico, color amarillento oscuro con puntos color anaranjado, muy húmedo, en estado semi-compacto.	OL	A-7-6(9)
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.45			Nivel freático.		
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	35+375	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	028	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático	1.35 m.	Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	15/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30					
0.40			Densidad natural = 1338 Kg/m3. Humedad natural = 38.3%		
0.50	E-1		Arcilla limosa orgánica, color café oscuro, con presencia de raíces, muy húmedo, en estado semi-compacto.	OL	A-7-6(11)
0.60					
0.70					
0.80					
0.90	E-2		Arcilla orgánica, de plásticidad media, color amarillento claro, muy humedo en estado semi-compacto.	OH	A-7-5(15)
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.35			Nivel freático.		
1.40					
1.50					

CARRETERA **CALAPUJA - AZANGARO**
TRAMO : **Km. 28+500 - 46+605**
CONTRATISTA : **CONSORCIO CALAPUJA**
SUPERVISION : **CONSORCIO VIAL SUR**

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPÁ - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	37+625	Lado	Izquierdo	Localización	
Calicata	037	Prof.Excav.	1.10 m.		
Nivel Freático	1.10 m.	Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	16/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)	
0.00						
0.10			Material orgánico.			
0.20						
0.30						
0.40	E-1		Densidad natural = 1513 Kg/m3. Humedad natural = 24.1%	CL	A-7-6(13)	
0.50			Arcilla limosa de plasticidad media, color marrón oscuro, medianamente húmeda, en estado semi-compacto.			
0.60	E-2			CL	A-4(8)	
0.70						Arcilla limosa de baja plasticidad, color marrón claro, medianamente húmeda, en estado semi-compacto.
0.80						
0.90						
1.00						
1.10			Nivel freático.			
1.20						
1.30						
1.40						
1.50						

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	38+125	Lado	Izquierdo	Localización	
Calicata	039	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	16/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Materia orgánica.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1489 Kg/m3. Humedad natural = 27.3%	CL	A-6(9)
0.50			Arcilla limosa de baja plasticidad, color marrón oscuro, medianamente húmedo, en estado semi-compacto.		
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10	E-2			ML	A-4(5)
1.20			Arena limosa con gravas en un 20% , color marrón claro, medianamente húmeda, en estado semi-compacto.		
1.30					
1.40					
1.50			Densidad natural = 1389 Kg/m3. Humedad natural = 37.4%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	38+625	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	041	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	17/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.25					
0.30			Densidad natural = 1367 Kg/m3.		
			Humedad natural = 17.6%		
0.40	E-1		Limo arenoso, color marrón claro, medianamente húmedo,	ML	A-4(4)
			en estado semi-compacto.		
0.50					
0.55					
0.60					
0.70					
0.80	E-2		Limo arcilloso de baja plasticidad, color café oscuro,	ML	A-4(8)
			ligeramente húmedo, en estado compacto.		
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30	E-3		Arena limosa, color marrón claro, medianamente	SM	A-4(4)
			húmeda, en estado semi-compacto.		
1.40					
1.50			Densidad natural = 1427 Kg/m3.		
			Humedad natural = 19.0%		
1.60					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	39+375	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	044	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	17/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1731 Kg/m3.	ML	A-4(3)
0.50			Humedad natural = 16.3%		
0.60			Limo arcilloso de baja plasticidad, color marrón, medianamente húmedo, en estado semi-compacto.		
0.70					
0.80					
0.90					
1.00	E-2			SP	A-1-b(0)
1.10			Arena con grava en un 20%, color plomo claro, medianamente húmeda, en estado semi-compacto.		
1.20					
1.30					
1.40					
1.50			Densidad natural = 1759 Kg/m3.		
			Humedad natural = 14.8%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	40+375	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	048	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	17/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30	E-1		Densidad natural = 1446 Kg/m3.	CL	A-6(11)
0.40			Humedad natural = 22.5%		
0.50					
0.60			Arcilla limosa, de plasticidad media, color marrón claro,		
0.70			medianamente húmedo, en estado semi-compacto.		
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20	E-2		Arcilla limosa, ligeramente plástico, color verde petróleo,	CL	A-4(8)
1.30			muy húmedo, en estado semi-compacto.		
1.40					
1.50			Densidad natural = 1506 Kg/m3.		
			Humedad natural = 27.4%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	41+875	Lado	Izquierdo	Localización	
Calicata	054	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	12/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material Orgánico.		
0.20					
0.25					
0.30			Densidad natural = 1473 Kg/m3. Humedad natural = 25.0%		
0.40					
0.50	E-1		Arcilla limosa de plasticidad baja, color marrón oscuro con lentes blanco humo, medianamente húmedo ,en estado compacto.	CL	A-6(9)
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00	E-2		Arcilla limosa de baja plasticidad, color marrón claro medianamente húmeda ,en estado compacto.	CL	A-6(6)
1.10					
1.20					
1.30					
1.35					
1.40	E-3		Arcilla limosa de plasticidad baja, color verde petróleo, medianamente húmeda, en estado semi-compacto. Densidad natural = 1565 Kg/m3. Humedad natural = 19.5%	CL-ML	A-4(8)
1.50					
1.60					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	42+125	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	055	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	12/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30	E-1		Densidad natural = 1653 Kg/m3.	CL	A-7-6(16)
0.40			Humedad natural = 18.29%		
0.50			Arcilla limosa de plasticidad media, muy húmeda, color marrón oscuro, con presencia de raíces, en estado semi-compacto.		
0.60					
0.70					
0.80					
0.90	E-2			CL-ML	A-4(4)
1.00			Arcilla limosa de plasticidad baja, medianamente húmeda, color marrón claro, en estado semi-compacto.		
1.10					
1.20					
1.30					
1.40	E-3		Arena limosa, medianamente húmeda, en estado semi-compacto.	SP-SM	A-2-4(0)
1.50			Densidad natural = 1395 Kg/m3.		
1.60			Humedad natural = 15.1%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	42+375	Lado	Izquierdo	Localización	
Calicata	056	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	12/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30	E-1		Densidad natural = 1426 Kg/m3. Humedad natural = 13.5%	CL-ML	A-4(8)
0.40			Arcilla limosa de baja plasticidad, ligeramente húmeda, color marrón claro, en estado compacto.		
0.50					
0.60	E-2			SP	A-1-a(0)
0.70					
0.80					
0.90			Arena limpia, medianamente húmeda, color marrón claro, en estado semi-compacto.		
1.00					
1.10					
1.20	E-3		Arena limpia y fina, color plomo, medianamente húmeda en estado semi-compacto. Densidad natural = 1427 Kg/m3. Humedad natural = 6.39%	SP	A-2-4(0)
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	42+875	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	058	Prof.Excav.	1.70 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	15/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1559 Kg/m3. Humedad natural = 13.12%	SM	A-2-4(0)
0.50			Arena limosa, color marrón claro, medianamente húmeda, en estado semi-compacto.		
0.60					
0.70					
0.80					
0.90	E-2			SP	A-1-b(0)
1.00					
1.10					
1.20			Arena con grava en un 20%, color plomo , medianamente húmeda, en estado semi-compacto.		
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70			Densidad natural = 1721 Kg/m3. Humedad natural = 6.38%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	43+625	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	061	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	12/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1822 Kg/m3. Humedad natural = 6.7%	SP	A-1-b(0)
0.50			Arena, ligeramente húmeda, color marrón claro, en estado semi-compacto.		
0.60	E-2			SP-SM	A-1-b(0)
0.70					
0.80					
0.90					
1.00			Arena limosa con presencia de grava redondeada en un 35%, medianamente húmeda, en estado semi-compacto.		
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60			Densidad natural = 1498 Kg/m3. Humedad natural = 6.89%		

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	43+875	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	062	Prof.Excav.	1.20 m.		
Nivel Freático	1.20m.	Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	12/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1375 Kg/m3. Humedad natural = 29.9%	CL	A-4(8)
0.50					
0.60			Arcilla limosa de baja plásticidad, muy húmeda, color marrón color marrón oscuro, en estado semi-compacto.		
0.70					
0.80					
0.90	E-2		Arcilla limosa de baja plásticidad, muy saturada, color plomo claro con puntos amarillentos, en estado semi-compacto.	CL-ML	A-4(6)
1.00			Nivel de infiltración.		
1.10					
1.20			Nivel freático.		
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION . CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	44+125	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	063	Prof.Excav.	1.40 m.		
Nivel Freático	1.35 m.	Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	12/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico		
0.20					
0.30					
0.40			Densidad natural = 1400 Kg/m3. Humedad natural = 26.2%		
0.50					
0.60					
0.70	E-1		Arcilla limosa de plasticidad baja, con presencia de raíces, muy húmedo color, café claro, en estado semi-compacto.	CL-ML	A-4(4)
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.25			Nivel de infiltración		
	E-2		Arena limosa muy húmeda, color marrón claro, en estado semi-compacto.	SM	A-4(2)
1.35			Nivel freático		
1.40					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	44+875	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	066	Prof.Excav.	1.50 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	12/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30					
0.40			Densidad natural = 1595 Kg/m3. Humedad natural = 15.57%		
0.50					
0.60					
0.70					
0.80	E-1		Arcilla limosa de baja plasticidad, color marrón claro, en estado compacto.	CL-ML	A-4(7)
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40			Densidad natural = 1598 Kg/m3. Humedad natural = 17.5%		
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	45+125	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	067	Prof.Excav.	1.10 m.		
Nivel Freático	0.75 m.	Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	11/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLÁSIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1548 Kg/m3. Humedad natural = 14.69%	SM	A-2-4(0)
0.50			Arena limosa, con grava redondeada en un 15%, ligeramente húmeda, color plomo, en estado semi-compacto.		
0.60					
0.70					
0.75			Nivel freático.		
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	45+625	Lado	Derecho	Localización	
Calicata	069	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	11/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.30					
0.40	E-1		Densidad natural = 1601 Kg/m3. Humedad natural = 15.61%	CL-ML	A-4(5)
0.50			Arcilla limosa de baja plasticidad, ligeramente húmedo, color marrón claro, en estado semi-compacto.		
0.60					
0.70					
0.80					
0.90	E-2		Arena limosa, ligeramente húmeda, color plomo, en estado semi-compacto.	SM	A-2-4(0)
1.00					
1.10					
1.20					
1.30	E-3		Arcilla limosa, ligeramente plástico, color marrón claro, ligeramente húmedo, en estado semi-compacto.	CL-ML	A-4(7)
1.40					
1.50			Densidad natural = 1558 Kg/m3. Humedad natural = 24.64%		
1.60					

CARRETERA **CALAPUJA - AZANGARO**
TRAMO **Km. 28+500 - 46+605**
CONTRATISTA : **CONSORCIO CALAPUJA**
SUPERVISION : **CONSORCIO VIAL SUR**

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	45+875	Lado	Izquierdo	Localización	
Calicata	070	Prof.Excav.	1.60 m.		
Nivel Freático		Operador	E. Ticse Cárdenas	Fecha	11/03/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00					
0.10			Material orgánico.		
0.20					
0.25					
0.30			Densidad natural = 1504 Kg/m3. Humedad natural = 23.41%		
0.40					
0.50					
0.60					
0.70	E-1		Arcilla limosa, ligeramente plástica, medianamente húmeda color marrón oscuro, en estado semi-compacto.	CL	A-6(9)
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40	E-2		Arena limpia y fina con grava subangulosa en un 5%, color plomo, medianamente húmeda, en estado semi-compacto. Densidad natural = 1419 Kg/m3. Humedad natural = 14.86%	SP	A-2-4(0)
1.50					
1.60					

Anexo 3

Registros de Ejecución de Calicatas en Vía Existente

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	33+500	Lado	Derecho	Localización	Via Antigua
Calicata	2.a	Prof.Excav.	0.00 - 0.75 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	19/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1		Material de Lastre, color amarillento, con presencia de grava.		
0.10			Arena Arcillosa, estado compacto, semi humedo		
0.20					
0.25					
0.30	E - 2		Material color café oscuro, con presencia de raices. Arcillas organicas de Alta plasticidad, estado semi compacto, semi humedo.	CH	A-7-6(19)
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.75					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	33+500	Lado	Centro	Localización	Via Antigua
Calicata	2.b	Prof.Excav.	0.00 - 0.55 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	19/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1		Material de Lastre con presencia de grava, color amarilento		
0.10			oscuro, estado compacto, semi humedo		
0.20					
0.25					
0.30	E - 2		Material color café oscuro, con presencia de raices. Arcillas	CL	A-7-6(16)
0.40			organicas de alta plasticidad, semi humedo, semicompacta.		
0.50					
0.55					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	33+500	Lado	Izquierdo	Localización	A 3 mts del borde.
Calicata	2.c	Prof.Excav.	0.00 - 0.65 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	19/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material Vegetal, con presencia de raices.		
0.20					
0.30	E - 2			CL	A-6(11)
0.40			Material color café oscuro, con puntos negros y presencia de materia organica (raices). Arcilla inorganicas, medianamente plastica, estado semi compacto, semi humeda.		
0.50					
0.65					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	34+000	Lado	Derecho	Localización	Via Antigua
Calicata	3.a	Prof.Excav.	0.00 - 0.90 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	19/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material de Lastrado via Antigua, color marron claro con presencia de grava, estado semi compacto, semi humedo.		
0.20					
0.30	E - 2		Material color café oscuro, con presencia de raices, Arcillas organicas, altamente plastico, estado semi compacto, semi humedo.	CL	A-7-6(14)
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	34+000	Lado	Centro	Localización	Via Antigua
Calicata	3.b	Prof.Excav.	0.00 - 0.80 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	19/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material de Lastrado antiguo, con presencia de grava color marron oscuro, estado compacto, semi humedo.		
0.20					
0.30	E - 2			CL	A-4(4)
0.40			Material color café oscuro, con presencia de raices, Arcillas organicas, altamente plastico, estado semi compacto, semi humedo.		
0.50					
0.60	E - 3			SC	A-6(2)
0.70			Material color marron oscuro, Arena Arcillosa medianamente plastica, estado semi humeda, semi compacta.		
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	34+500	Lado	Derecho	Localización	Via Antigua
Calicata	4.a	Prof.Excav.	0.00 - 0.90 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1		Material de Lastrado via antigua		
0.10					
0.20					
0.25					
0.30	E - 2		Material color café oscuro con presencia de raíces (Organico)	CL	A-7-6(16)
0.40			Arcilla Organica, de plasticidad alta, estado semi compacto		
0.50			saturado.		
0.60					
0.70					
0.80	E - 3		Material color beige claro, arcilla organica de alta plasticidad.	CH	A-7-6(19)
0.90			estado suelto y saturado		
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	34+500	Lado	Centro	Localización	Vía Antigua
Calicata	4.b	Prof.Excav.	0.00 - 0.95 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1		Material de Lastre Antiguo, con presencia de grava color amarillento, arena arcillosa, estado semi compacto, semi humedo la plataforma presenta fisuras.		
0.10					
0.20					
0.30	E - 2		Material color café oscuro con presencia de raices. Arcilla orgánica de alta plasticidad en estado semi compacto, saturado.	CH	A-7-6(19)
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.75	E - 3		Material color beige oscuro, Arcilla orgánica de alta plasticidad. estado suelto y saturado	CH	A-7-6(18)
0.80					
0.90					
0.95					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	34+500	Lado	Izquierdo	Localización	A 2 mts del borde.
Calicata	4.c	Prof.Excav.	0.00 - 0.70 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material Vegetal, con presencia de raices		
0.20					
0.30	E - 2		Material color café oscuro con presencia de raices. Arcilla orgánica de alta plasticidad en estado semi compacto, saturado.	CH	A-7-6(18)
0.40					
0.50					
0.60					
0.70	E - 3		Material color beige oscuro, arcilla altamente plastica. estado suelto, saturado.	CH	A-7-6(19)
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	35+000	Lado	Derecho	Localización	Via Antigua
Calicata	5.a	Prof.Excav.	0.00 - 1.10 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material de Lastrado Antiguo.		
0.20					
0.25					
0.30	E - 2			CH	A-7-6(19)
0.40					
0.50			Material color café oscuro con presencia de raíces. Arcilla orgánica, alta plasticidad, estado semi compacto, saturado.		
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
0.95					
1.00	E - 3		Material color beige oscuro, limo de alta plasticidad, estado suelto y saturado.	OH	A-7-5(14)
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	35+000	Lado	Centro	Localización	Via Antigua
Calicata	5.b	Prof.Excav.	0.00 - 1.25 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material de Lastre Antiguo.		
0.20					
0.30	E - 2			CL	A-7-6(8)
0.40					
0.50					
0.60			Material color café oscuro con presencia de raíces. Arcilla inorganica, medianamente plastica, estado semi compacto.		
0.70			saturado.		
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20			E - 3		
1.25					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	35+000	Lado	Izquierdo	Localización	A 3 mts del borde.
Calicata	5.c	Prof.Excav.	0.00 - 1.00 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material vegetal, con presencia de raices.		
0.20					
0.25	E - 2			OH	A-7-5(19)
0.30					
0.40					
0.50			Material color café oscuro con presencia de raices. Arcilla organica, altamente plastica, estado semi compacto.		
0.60			saturado.		
0.70					
0.80	E - 3			OH	A-7-6(14)
0.85			Material color beige oscuro con puntos de color café oscuro		
0.90			Arcillas organicas, de alta plasticidad, estado semi compacto saturado.		
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	35+500	Lado	Derecho	Localización	Vía Antigua
Calicata	6.a	Prof.Excav.	0.00 - 0.75 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1		Material de Lastrado Antiguo.		
0.10					
0.20	E - 2		Material de color café oscuro con presencia de raíces (Orgánico)	OH	A-7-5(19)
0.30			Arcillas organicas, de alta plasticidad. Estado semi compacto saturado.		
0.40					
0.50					
0.60					
0.65	E - 3		Material color beige oscuro, arcilla inorganica de plasticidad alta, estado semi compacto, saturado.	CL	A-7-6(15)
0.70					
0.75					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	35+500	Lado	Izquierdo	Localización	A 3 mts del borde.
Calicata	6.c	Prof.Excav.	0.00 - 0.75 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material Vegetal, con presencia de raices		
0.20					
0.30	E - 2			CH	A-7-6(20)
0.40			Material color oscuro con presencia de raices, arcilla inorganicas, de alta plasticidad, semi compacta saturado.		
0.50					
0.60	E - 3			CL	A-7-6(14)
0.70			Material color beige oscuro con puntos de color café oscuro. Arcilla organica de plasticidad alta, estado semi compacta, saturado.		
0.75					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	36+000	Lado	Derecho	Localización	Via Antigua.
Calicata	7.a	Prof.Excav.	0.00 - 0.95 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material Vegetal, con presencia de raices		
0.20					
0.25	E - 2			CL	A-6(6)
0.30					
0.40					
0.50			Material color café oscuro con presencia de raices, arcilla inorganicas de alta plasticidad, estado semi compacto saturado.		
0.60					
0.70					
0.80	E - 3			GC	A-7-6(6)
0.90			Material color café claro, con puntos de color amarillento, grava arcillosa, estado semi compacto, saturado.		
0.95					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	36+000	Lado	Centro	Localización	Vía Antigua.
Calicata	7.b	Prof.Excav.	0.00 - 1.15 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	20/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material de Lastrado Antiguo, con deformaciones en plataforma.		
0.20					
0.30	E - 2			CL	A-7-6(16)
0.40					
0.50					
0.60			Material color café oscuro con presencia de raíces, arcilla inorganica con alta plasticidad, estado semi compacto saturado.		
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10	E - 3		Material color café claro, con presencia de puntos de color amarillento, arcillas inorganicas, estado semi compacto, saturado.	CH	A-7-6(17)
1.15					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	36+500	Lado	Derecho	Localización	Vía Antigua.
Calicata	8.a	Prof.Excav.	0.00 - 0.75 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	22/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material Vegetal, con presencia de raices		
0.20					
0.30	E - 2			CL	A-7-6(16)
0.40			Arcilla altamente plastica, color café oscuro, muy saturada, en estado semicompacto, con presencia de raices.		
0.50					
0.60	E - 3			OH	A-7-5(18)
0.70			Arcilla limosa, medianamente plastica, color gris claro, medianamente humeda en estado semicompacto.		
0.75					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	36+500	Lado	Centro	Localización	Via Antigua.
Calicata	8.b	Prof.Excav.	0.00 - 1.15 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	22/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material de Lastrado antiguo, con deformaciones en la plataforma		
0.20					
0.30	E - 2			CH	A-7-6(15)
0.40					
0.50					
0.60			Arcilla altamente plastica, color café oscuro, en estado semicompacto, medianamente humeda, con presencia de raices		
0.70					
0.80					
0.90					
1.00	E - 3			OH	A-7-5(13)
1.10			Arcilla limosa, medianamente plastica, color marron oscuro, con puntos de color gris, muy saturada en estado semicompacto.		
1.15					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	36+500	Lado	izquierdo	Localización	A 3 mts del borde
Calicata	8.c	Prof.Excav.	0.00 - 0.75 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	22/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1		Material Vegetal, con presencia de raices		
0.10					
0.15					
0.20	E - 2		Arcilla altamente plastica, color café oscuro, con presencia de raices, en estado semicompacto, muy saturado.	CH	A-7-6(19)
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70	E - 3		Arcilla limosa de alta plasticidad, color beige oscuro con presencia de raices, en estado semicompacto con alto contenido de humedad.	CH	A-7-6(18)
0.75					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	37+000	Lado	Derecho	Localización	Via Antigua
Calicata	9.a	Prof.Excav.	0.00 - 0.80 mts.		
Nivel Freático	...	Operador	F. Mireles I.	Fecha	22/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material Vegetal, con presencia de raices		
0.20					
0.30	E - 2			CL	A-6(9)
0.40			Arcilla altamente plastica, color café oscuro, con presencia de raices, en estado semicompacto, medianamente humeda.		
0.50					
0.60					
0.65					
0.70	E - 3		Arcilla limosa medianamente plastica, color gris claro en estado semicompacto, con elevado contenido de humedad	CL	A-7-6(10)
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPÁ - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	37+000	Lado	Centro	Localización	Vía Antigua
Calicata	9.b	Prof.Excav.	0.00 - 1.15 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	22/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10					
0.20			Material de lastrado antiguo, con deformaciones en la plataforma.		
0.30	E - 2			CH	A-7-6(18)
0.40					
0.50					
0.60					
0.70			Arcilla altamente plastica, color café oscuro, con presencia de raíces, en estado semicompacto y medianamente humeda.		
0.80					
0.90					
1.00					
1.10	E - 3		Arcilla limosa medianamente plastica, color marron oscuro en estado semicompacto, medianamente humedo.	CL	A-7-6(15)
1.15					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	37+000	Lado	Izquierdo	Localización	A 3 mts. Del borde
Calicata	9.c	Prof.Excav.	0.00 - 0.80 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	22/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material Vegetal, con presencia de raices		
0.20					
0.30	E - 2			CL	A-7-6(15)
0.40			Arcilla altamente plastica, color café oscuro, con presencia de raices, en estado semicompacto, con elevado contenido de		
0.50			humedad natural.		
0.60					
0.65					
0.70	E - 3			CL	A-7-6(12)
0.80			Arcilla limosa medianamente plastica, color beige oscuro en estado semicompacto, con elevado contenido de humedad.		
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	37+500	Lado	Centro	Localización	Via Antigua
Calicata	10.b	Prof.Excav.	0.00 - 0.80 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	22/04/2003

PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10					
0.20			Material de lastrado antiguo, con deformaciones en la plataforma.		
0.30					
0.40	E - 2			CL	A-6(9)
0.50			Arcilla medianamente plastica, color merron claro en estado		
0.60			semicompacto, ligeramente humeda, con presencia de raices.		
0.70	E - 3			CL	A-6(12)
0.80			Arcilla altamente plastica, color marron oscuro, en estado semicompacto, medianamente humedo.		
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

REGISTRO DE EXCAVACION - CALICATAS EN LA VIA

Solicitante					
Proyecto	CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO. Km. 28+500 - Km. 46+605				
Ubicación	LAMPA - AZANGARO : PUNO				
Progresiva	37+500	Lado	Centro	Localización	A 3 mts del borde.
Calicata	10.c	Prof.Excav.	0.00 - 0.60 mts.		
Nivel Freático	....	Operador	F. Mireles I.	Fecha	22/04/2003

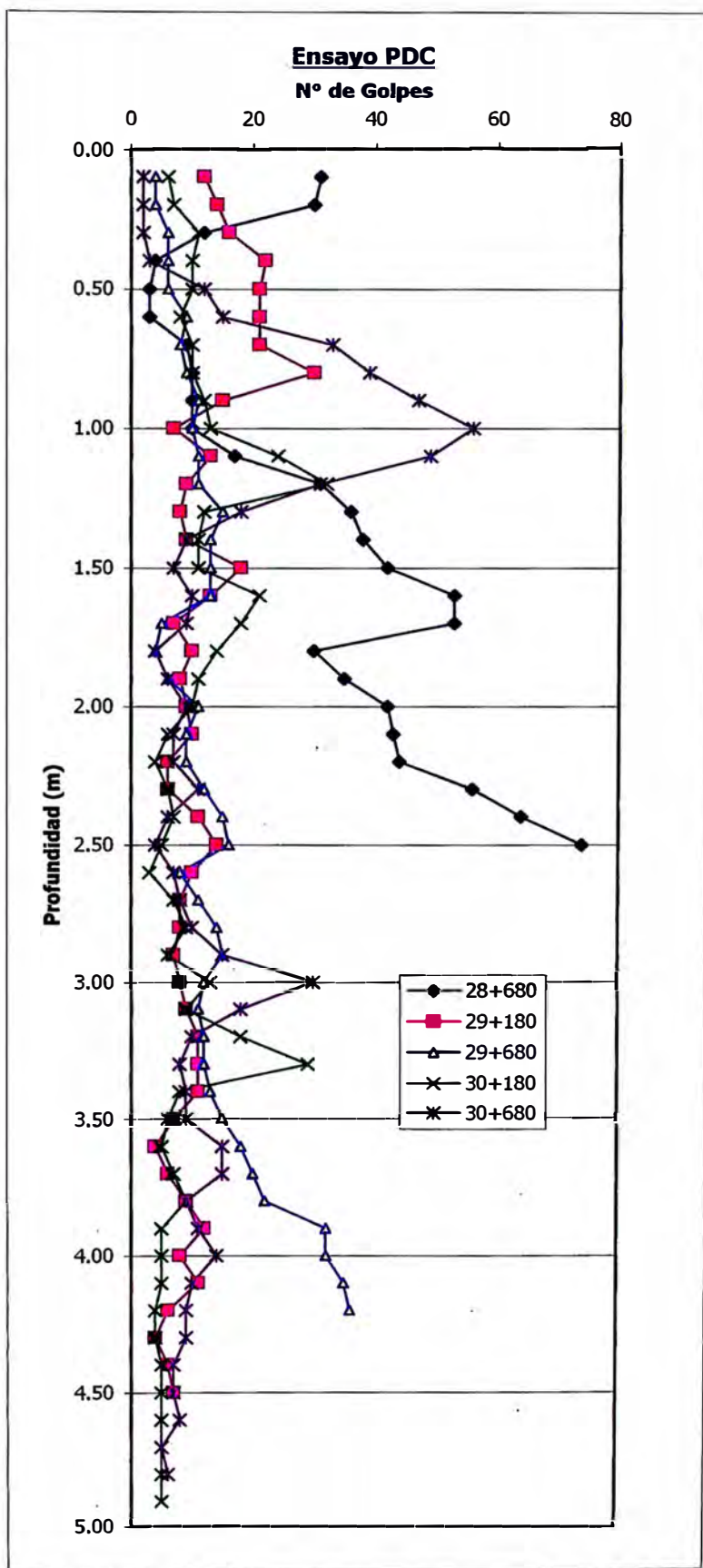
PROF.(m)	MUESTRA	PERFIL	DESCRIPCION VISUAL DEL ESTRATO	CLASIF.(SUCS)	CLASIF.(AASHTO)
0.00	E - 1				
0.10			Material Vegetal, con presencia de raices.		
0.15	E - 2			CL	A-7-6(12)
0.20			Arcilla altamente plastica, color merron claro con presencia de raices, en estado semicompacto, con elevado contenido de humedad.		
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

Anexo 4

Registros de Ejecución de Ensayos PDC

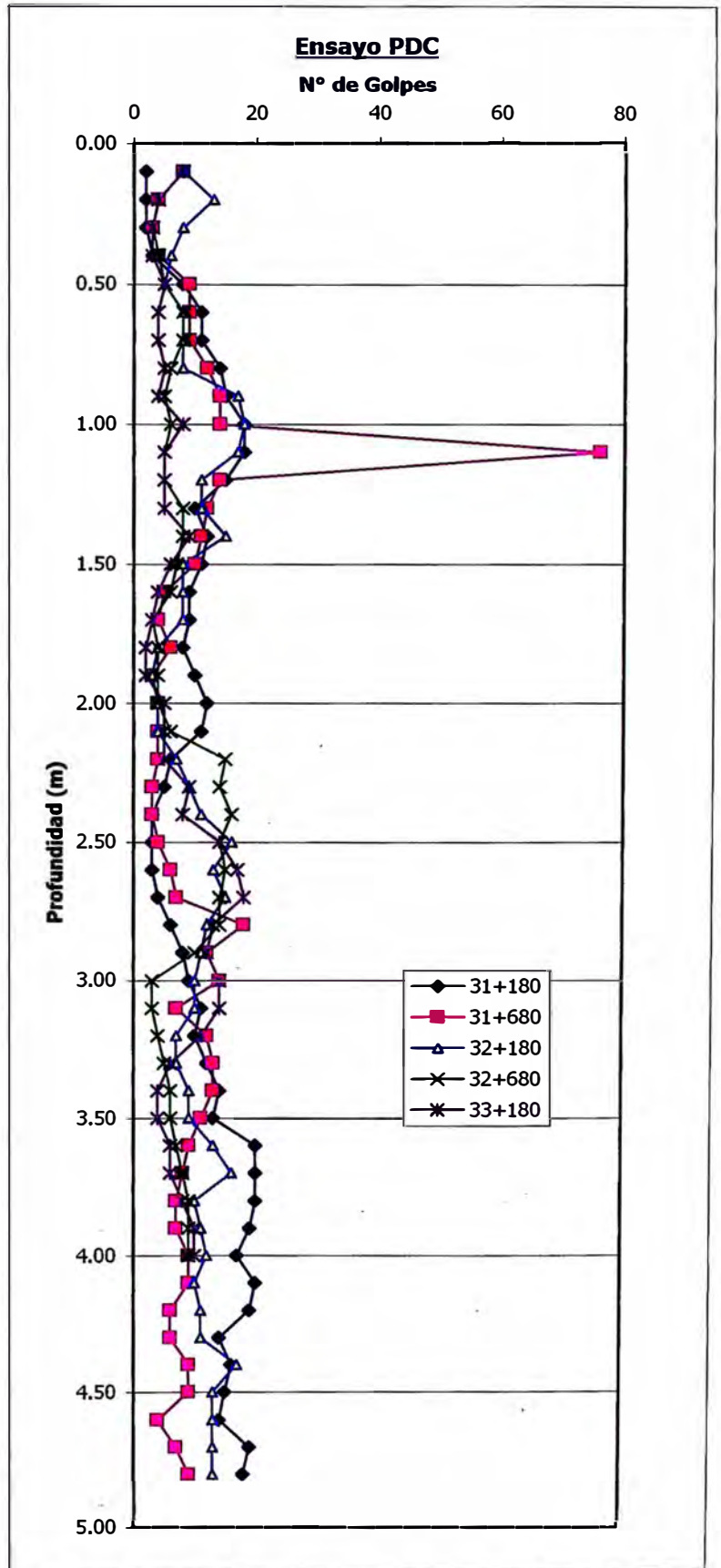
Carretera Calapuja - Azángaro
Ensayo PDC - Penetrómetro Dinámico de Cono
ASTM-D6951-03

Prof.	28+680	29+180	29+680	30+180	30+680
0.10	31	12	4	6	2
0.20	30	14	4	7	2
0.30	12	16	6	11	2
0.40	4	22	6	10	3
0.50	3	21	6	10	12
0.60	3	21	9	8	15
0.70	9	21	8	10	33
0.80	10	30	9	10	39
0.90	10	15	11	12	47
1.00	10	7	10	13	56
1.10	17	13	11	24	49
1.20	31	9	11	32	31
1.30	36	8	15	12	18
1.40	38	9	13	11	9
1.50	42	18	13	11	7
1.60	53	13	13	21	10
1.70	53	7	5	18	9
1.80	30	10	4	14	4
1.90	35	8	6	11	6
2.00	42	9	11	10	9
2.10	43	10	9	6	7
2.20	44	6	9	4	7
2.30	56	6	12	6	11
2.40	64	11	15	7	6
2.50	74	14	16	5	4
2.60		10	8	3	7
2.70		8	11	7	8
2.80		8	14	9	10
2.90		7	15	6	15
3.00		8	12	13	30
3.10		9	11	9	18
3.20		11	12	18	10
3.30		11	12	29	8
3.40		11	13	8	9
3.50		7	15	6	9
3.60		4	18	5	15
3.70		6	20	7	15
3.80		9	22	9	9
3.90		12	32	5	11
4.00		8	32	5	14
4.10		11	35	5	10
4.20		6	36	4	9
4.30		4		4	9
4.40		6		5	7
4.50		7		5	7
4.60				5	8
4.70				5	5
4.80				5	6
4.90				5	
5.00					



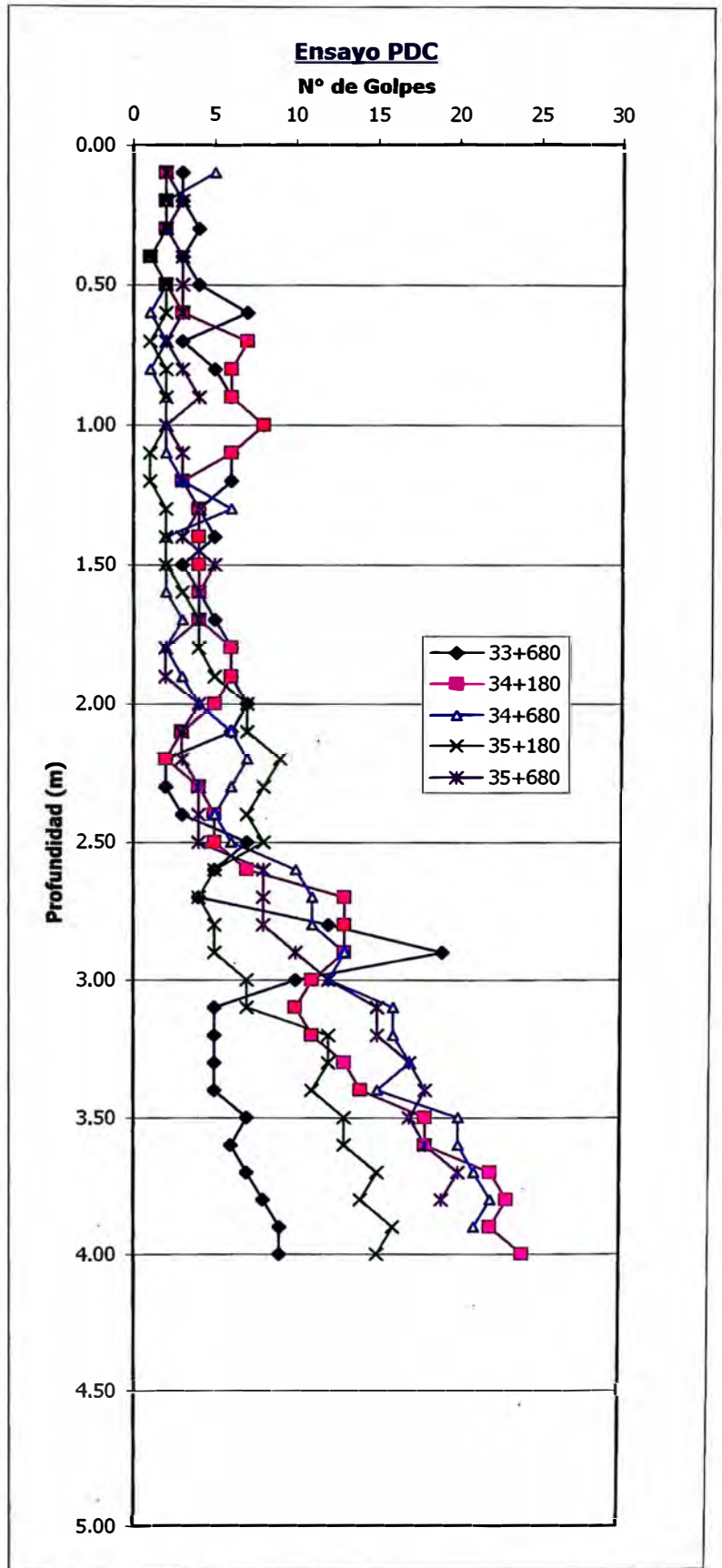
Carretera Calapuja - Azángaro
Ensayo PDC - Penetrómetro Dinámico de Cono
ASTM-D6951-03

Prof.	31+180	31+680	32+180	32+680	33+180
0.10	2	8	8	8	8
0.20	2	4	13	4	4
0.30	2	3	8	3	3
0.40	3	4	6	4	3
0.50	8	9	5	5	5
0.60	11	9	8	8	4
0.70	11	9	8	8	4
0.80	14	12	8	6	5
0.90	15	14	17	5	4
1.00	18	14	18	6	8
1.10	18	76	17	5	5
1.20	15	14	11	5	5
1.30	10	12	11	8	5
1.40	12	11	15	8	9
1.50	11	10	8	7	6
1.60	9	5	8	6	4
1.70	9	4	8	3	3
1.80	8	6	4	4	2
1.90	10	3	3	4	2
2.00	12	4	4	4	5
2.10	11	4	4	6	5
2.20	6	4	7	15	5
2.30	5	3	9	14	9
2.40	3	3	11	16	8
2.50	3	4	16	14	14
2.60	3	6	13	15	17
2.70	4	7	15	14	18
2.80	6	18	12	14	13
2.90	8	12	11	10	12
3.00	9	14	10	3	14
3.10	11	7	10	3	14
3.20	10	12	7	4	11
3.30	12	13	7	5	6
3.40	14	13	9	6	4
3.50	13	11	9	6	4
3.60	20	9	13	7	6
3.70	20	8	16	8	6
3.80	20	7	10	9	8
3.90	19	7	11	9	10
4.00	17	9	12	9	10
4.10	20	9	10		
4.20	19	6	11		
4.30	14	6	11		
4.40	16	9	17		
4.50	15	9	13		
4.60	14	4	13		
4.70	19	7	13		
4.80	18	9	13		
4.90					
5.00					



Carretera Calapuja - Azángaro
Ensayo PDC - Penetrómetro Dinámico de Cono
ASTM-D6951-03

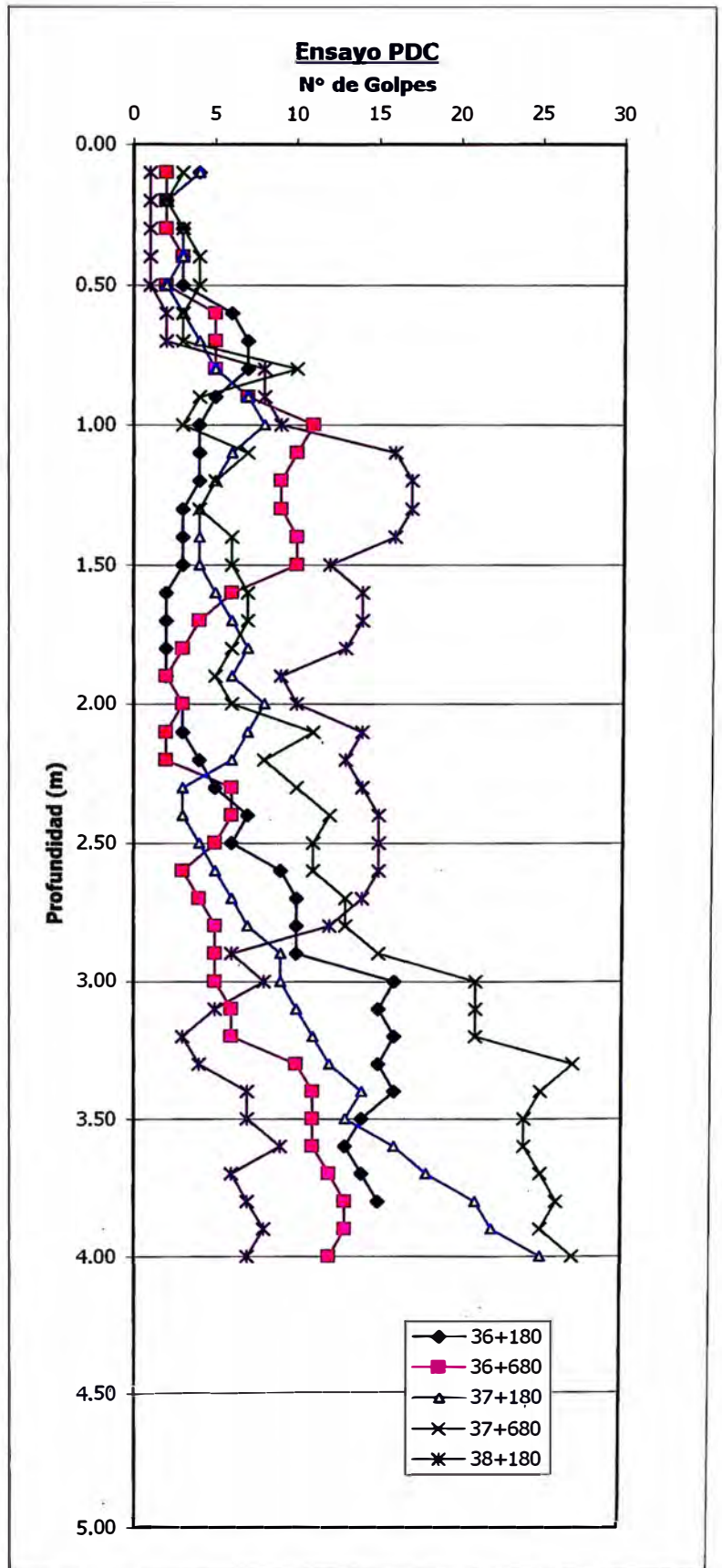
Prof.	33+680	34+180	34+680	35+180	35+680
0.10	3	2	5	2	2
0.20	3	2	2	2	3
0.30	4	2	2	2	2
0.40	3	1	1	1	3
0.50	4	2	2	2	3
0.60	7	3	1	2	3
0.70	3	7	2	1	2
0.80	5	6	1	2	3
0.90	6	6	2	2	4
1.00	8	8	2	2	2
1.10	6	6	2	1	3
1.20	6	3	3	1	3
1.30	4	4	6	2	4
1.40	5	4	2	2	3
1.50	3	4	2	2	5
1.60	4	4	2	3	4
1.70	5	4	3	4	4
1.80	6	6	2	4	2
1.90	6	6	3	5	2
2.00	7	5	4	7	4
2.10	6	3	6	7	3
2.20	2	2	7	9	3
2.30	2	4	6	8	4
2.40	3	5	5	7	4
2.50	7	5	6	8	4
2.60	5	7	10	5	8
2.70	4	13	11	4	8
2.80	12	13	11	5	8
2.90	19	13	13	5	10
3.00	10	11	12	7	12
3.10	5	10	16	7	15
3.20	5	11	16	12	15
3.30	5	13	17	12	17
3.40	5	14	15	11	18
3.50	7	18	20	13	17
3.60	6	18	20	13	18
3.70	7	22	21	15	20
3.80	8	23	22	14	19
3.90	9	22	21	16	
4.00	9	24		15	
4.10					
4.20					
4.30					
4.40					
4.50					
4.60					
4.70					
4.80					
4.90					
5.00					



Carretera Calapuja - Azángaro

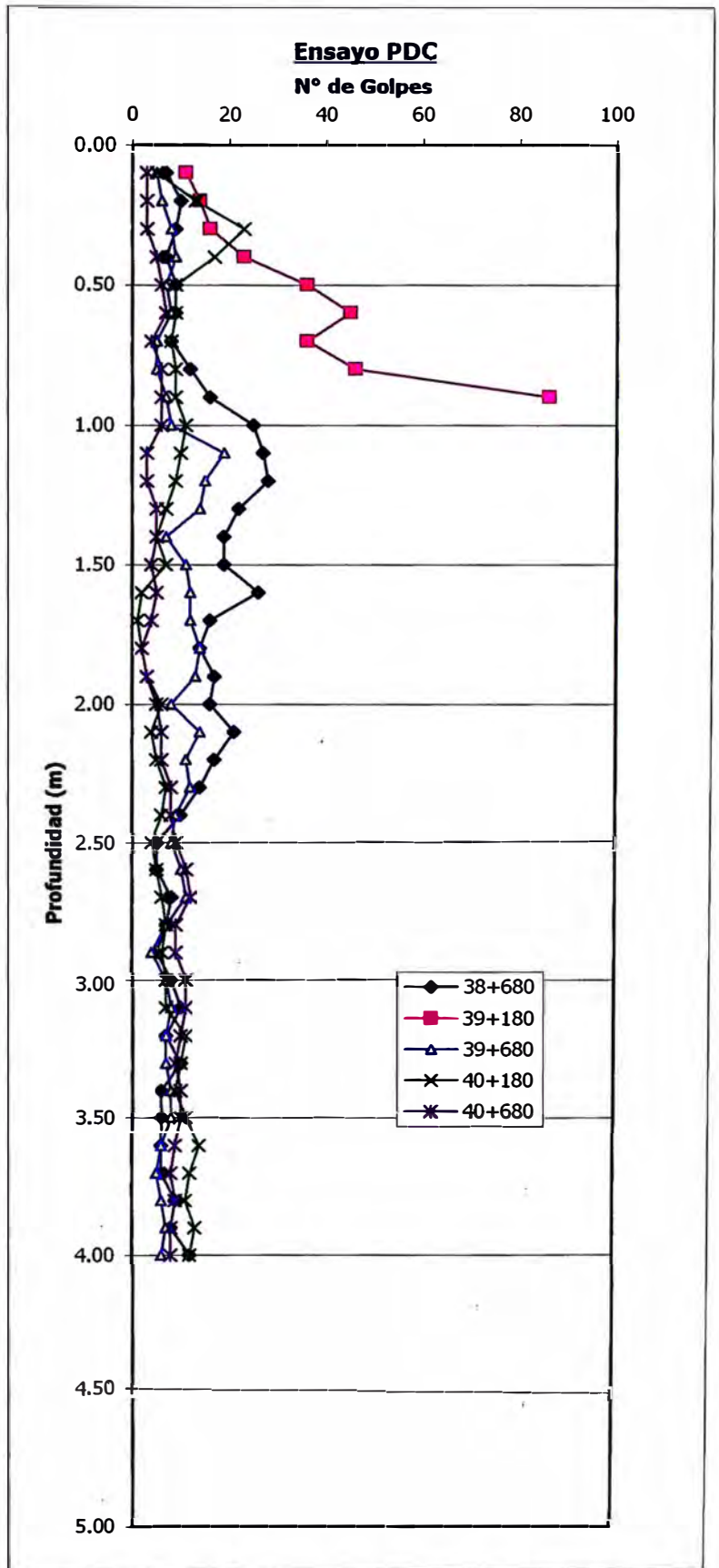
Ensayo PDC - Penetrómetro Dinámico de Cono ASTM-D6951-03

Prof.	36+180	36+680	37+180	37+680	38+180
0.10	4	2	4	3	1
0.20	2	2	2	2	1
0.30	3	2	3	3	1
0.40	3	3	3	4	1
0.50	3	2	2	4	1
0.60	6	5	3	3	2
0.70	7	5	4	3	2
0.80	7	5	5	10	8
0.90	5	7	7	4	8
1.00	4	11	8	3	9
1.10	4	10	6	7	16
1.20	4	9	5	5	17
1.30	3	9	4	4	17
1.40	3	10	4	6	16
1.50	3	10	4	6	12
1.60	2	6	5	7	14
1.70	2	4	6	7	14
1.80	2	3	7	6	13
1.90	2	2	6	5	9
2.00	3	3	8	6	10
2.10	3	2	7	11	14
2.20	4	2	6	8	13
2.30	5	6	3	10	14
2.40	7	6	3	12	15
2.50	6	5	4	11	15
2.60	9	3	5	11	15
2.70	10	4	6	13	14
2.80	10	5	7	13	12
2.90	10	5	9	15	6
3.00	16	5	9	21	8
3.10	15	6	10	21	5
3.20	16	6	11	21	3
3.30	15	10	12	27	4
3.40	16	11	14	25	7
3.50	14	11	13	24	7
3.60	13	11	16	24	9
3.70	14	12	18	25	6
3.80	15	13	21	26	7
3.90		13	22	25	8
4.00		12	25	27	7
4.10					
4.20					
4.30					
4.40					
4.50					
4.60					
4.70					
4.80					
4.90					
5.00					



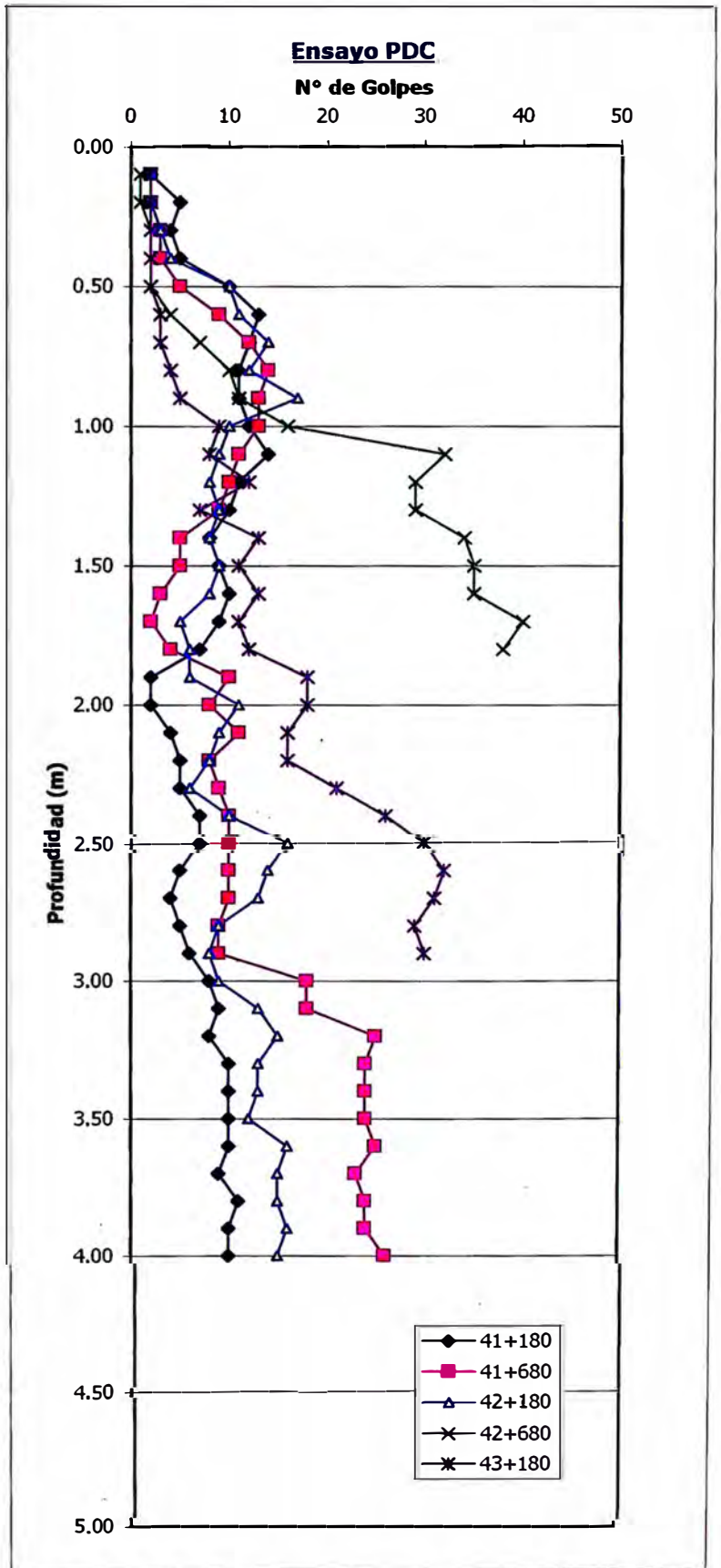
Carretera Calapuja - Azángaro
Ensayo PDC - Penetrómetro Dinámico de Cono
ASTM-D6951-03

Prof.	38+680	39+180	39+680	40+180	40+680
0.10	7	11	5	5	3
0.20	10	14	6	13	3
0.30	9	16	8	23	3
0.40	7	23	9	17	5
0.50	9	36	7	9	6
0.60	9	45	8	9	7
0.70	8	36	5	8	4
0.80	12	46	5	9	6
0.90	16	86	7	9	6
1.00	25		8	11	6
1.10	27		19	10	3
1.20	28		15	9	3
1.30	22		14	7	5
1.40	19		7	5	5
1.50	19		11	7	4
1.60	26		12	2	5
1.70	16		12	1	4
1.80	14		14	2	2
1.90	17		13	3	3
2.00	16		8	6	5
2.10	21		14	4	6
2.20	17		11	5	6
2.30	14		12	7	8
2.40	10		9	6	8
2.50	5		8	4	9
2.60	5		10	5	11
2.70	8		11	6	12
2.80	7		7	7	9
2.90	5		4	6	9
3.00	8		7	7	11
3.10	10		8	7	11
3.20	7		7	11	10
3.30	10		7	10	9
3.40	6		8	9	10
3.50	6		8	11	10
3.60	6		6	14	9
3.70	6		5	12	8
3.80	9		6	11	9
3.90	8		7	13	8
4.00	12		6	12	8
4.10					
4.20					
4.30					
4.40					
4.50					
4.60					
4.70					
4.80					
4.90					
5.00					



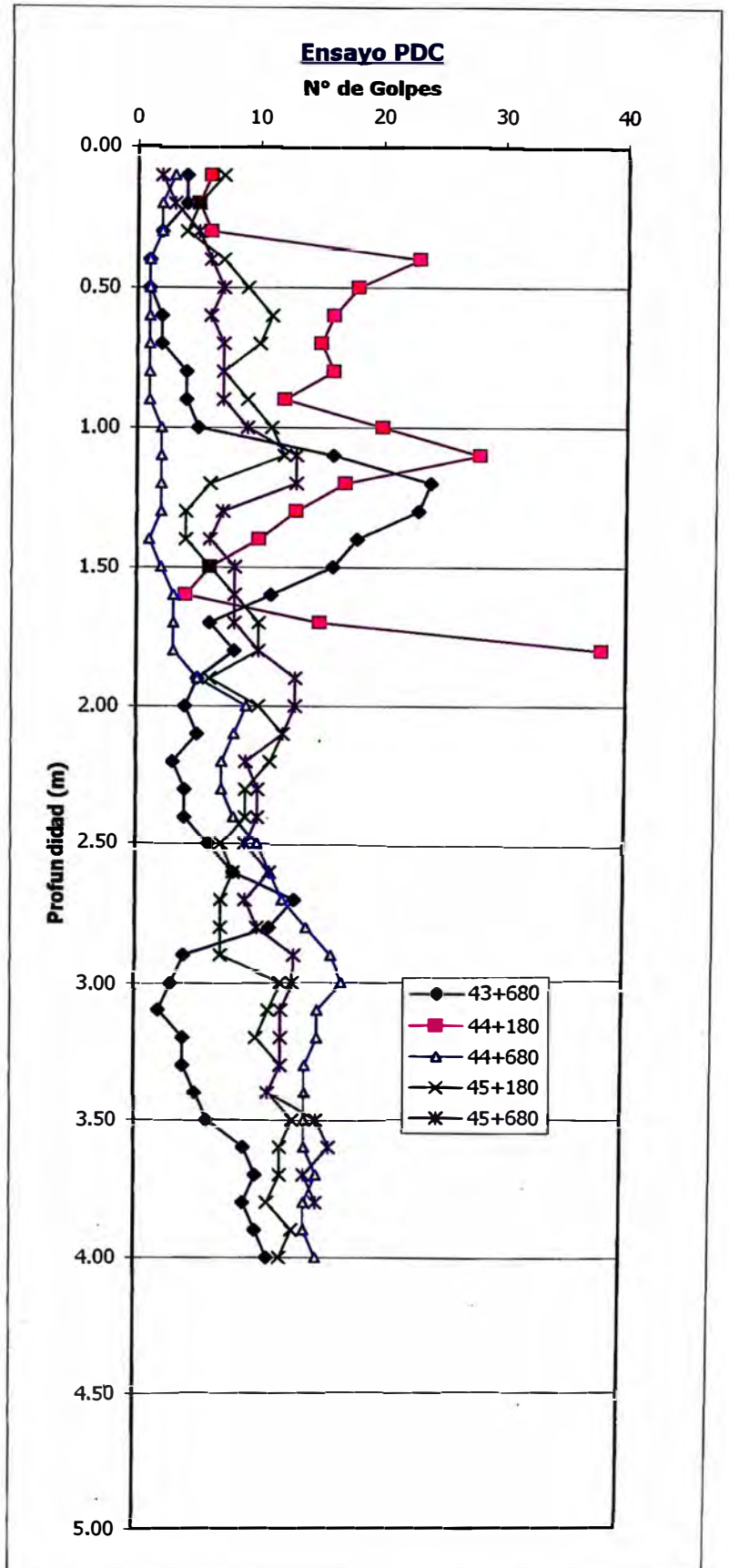
Carretera Calapuja - Azángaro
Ensayo PDC - Penetrómetro Dinámico de Cono
ASTM-D6951-03

Prof.	41+180	41+680	42+180	42+680	43+180
0.10	2	2	2	1	2
0.20	5	2	2	1	2
0.30	4	3	3	2	2
0.40	5	3	4	2	2
0.50	10	5	10	2	2
0.60	13	9	11	4	3
0.70	12	12	14	7	3
0.80	11	14	12	10	4
0.90	11	13	17	11	5
1.00	12	13	10	16	9
1.10	14	11	9	32	8
1.20	11	10	8	29	12
1.30	10	9	9	29	7
1.40	8	5	8	34	13
1.50	9	5	9	35	11
1.60	10	3	8	35	13
1.70	9	2	5	40	11
1.80	7	4	6	38	12
1.90	2	10	6		18
2.00	2	8	11		18
2.10	4	11	9		16
2.20	5	8	8		16
2.30	5	9	6		21
2.40	7	10	10		26
2.50	7	10	16		30
2.60	5	10	14		32
2.70	4	10	13		31
2.80	5	9	9		29
2.90	6	9	8		30
3.00	8	18	9		
3.10	9	18	13		
3.20	8	25	15		
3.30	10	24	13		
3.40	10	24	13		
3.50	10	24	12		
3.60	10	25	16		
3.70	9	23	15		
3.80	11	24	15		
3.90	10	24	16		
4.00	10	26	15		
4.10					
4.20					
4.30					
4.40					
4.50					
4.60					
4.70					
4.80					
4.90					
5.00					



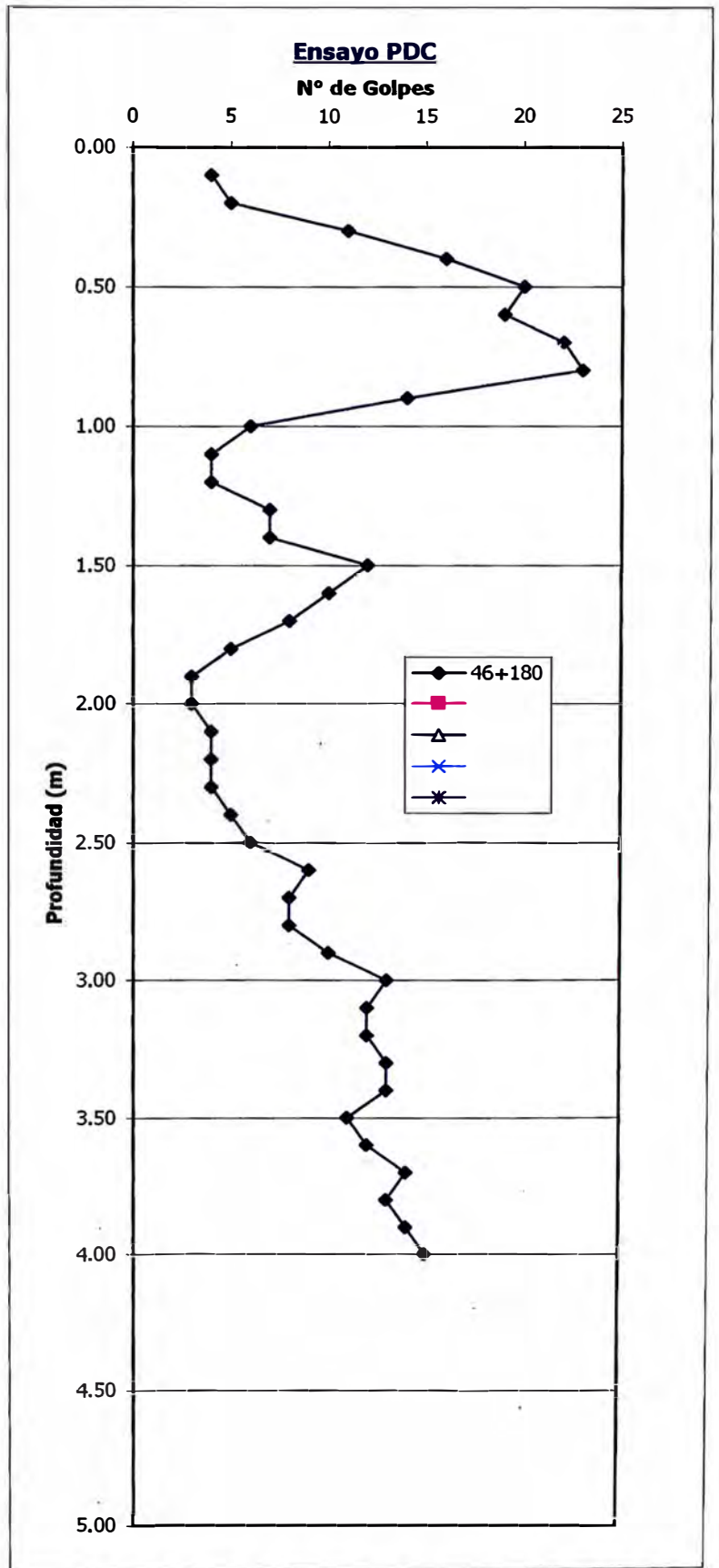
Carretera Calapuja - Azángaro
Ensayo PDC - Penetrómetro Dinámico de Cono
ASTM-D6951-03

Prof.	43+680	44+180	44+680	45+180	45+680
0.10	4	6	3	7	2
0.20	4	5	2	5	3
0.30	2	6	2	4	5
0.40	1	23	1	7	6
0.50	1	18	1	9	7
0.60	2	16	1	11	6
0.70	2	15	1	10	7
0.80	4	16	1	7	7
0.90	4	12	1	9	7
1.00	5	20	2	11	9
1.10	16	28	2	12	13
1.20	24	17	2	6	13
1.30	23	13	2	4	7
1.40	18	10	1	4	6
1.50	16	6	2	6	8
1.60	11	4	3	8	8
1.70	6	15	3	10	8
1.80	8	38	3	10	10
1.90	5		5	6	13
2.00	4		9	10	13
2.10	5		8	12	12
2.20	3		7	11	9
2.30	4		7	9	10
2.40	4		8	9	10
2.50	6		10	7	9
2.60	8		11	8	11
2.70	13		12	7	9
2.80	11		14	7	10
2.90	4		16	7	13
3.00	3		17	12	13
3.10	2		15	11	12
3.20	4		15	10	12
3.30	4		14	12	12
3.40	5		14	11	11
3.50	6		14	13	15
3.60	9		14	12	16
3.70	10		15	12	14
3.80	9		14	11	15
3.90	10		14	13	
4.00	11		15	12	
4.10					
4.20					
4.30					
4.40					
4.50					
4.60					
4.70					
4.80					
4.90					
5.00					



Carretera Calapuja - Azángaro
Ensayo PDC - Penetrómetro Dinámico de Cono
ASTM-D6951-03

Prof.	46+180				
0.10	4				
0.20	5				
0.30	11				
0.40	16				
0.50	20				
0.60	19				
0.70	22				
0.80	23				
0.90	14				
1.00	6				
1.10	4				
1.20	4				
1.30	7				
1.40	7				
1.50	12				
1.60	10				
1.70	8				
1.80	5				
1.90	3				
2.00	3				
2.10	4				
2.20	4				
2.30	4				
2.40	5				
2.50	6				
2.60	9				
2.70	8				
2.80	8				
2.90	10				
3.00	13				
3.10	12				
3.20	12				
3.30	13				
3.40	13				
3.50	11				
3.60	12				
3.70	14				
3.80	13				
3.90	14				
4.00	15				
4.10					
4.20					
4.30					
4.40					
4.50					
4.60					
4.70					
4.80					
4.90					
5.00					



Anexo 5

Registros de Ensayos de Cantidad de Materia Orgánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y MANUFACTURERA
LABORATORIO N°21 INVESTIGACION Y QUIMICA APLICADA

Av. Túpac Amaru 210. Lima 25 PERU - Apartado 1301

Teléfonos Central UNI 481-1070. Central FIQM 381-3849 381-3867 anexo 37. Telefax 481-7919

INFORME N°140-04-L21-FIQM

SOLICITANTE : VARA CARDENAS JUAN CARLOS
TESIS: VALORACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE EN EL
DISEÑO DE LA CARRETERA CALA-PUJA-AZANGARO
KM 28+500 a KM 46+605 AZANGARO -PUNO
REGISTRO : S04-339
MUESTRA : SUELO
Muestras identificadas y proporcionadas por el solicitante
OBRA : CARRETERA CALAPUJA
LUGAR : TRAMO KM 28+500 - KM 46+605
ENSAYO : ANALISIS QUIMICO
FECHA : 21-05-04

REPORTE DE RESULTADOS

CALICATA	PROGRESIVA	MATERIA ORGANICA (%) NT.ASTM-T-86
1	28+625	2,67
9	30+625	4,34
17	32+625	5,54
26	34+625	8,77
33	36+625	5,62
41	38+625	3,26
49	40+625	2,52
57	42+625	5,24
65	44+625	4,19
69	45+625	2,54

Sin otro particular, quedamos de ustedes.,

Atentamente,

ING. ENRIQUE F. NEIRA MONTROYA
Jefe del Lab.N°21



CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
 LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejia P.
 Fecha : 28-04-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 33+000 L/Izq (B)
 Material : E - 2 , Orgánico a 3.50 mts del eje de la via.
 Prof (m) : 0.30 - 0.60

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		10:20	
Hora de Salida		12:20	
Hora de Entrada		12:25	
Hora de Salida		14:25	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.79	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA 6.05%

CONSORCIO VIAL SUR

[Signature]
 Ing° Victor Mejia Pardo
 Supervisor Suelos y Pavimentos

CONSORCIO VIAL SUR

[Signature]
 Ing° Augusto Pillaca Acevedo
 JEFE DE SUPERVISION
 CIP. 5234

CONSORCIO VIAL SUR

[Signature]
 Fernando Mireles Y.
 LABORATORISTA

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
 LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejia P.
 Fecha : 28-04-03

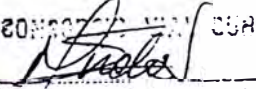
Datos de Muestra

Prog (Km) : 33+500 L/Izq (A)
 Material : E - 2 , Orgánico
 Prof (m) : 0.25 - 0.75

DATOS

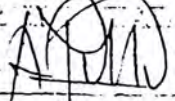
No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		11:25	
Hora de Salida		13:25	
Hora de Entrada		13:30	
Hora de Salida		15:30	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.68	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA 6.60%

CONSORCIO CALAPUJA SUR

 28/04/03
 LABORATORIO MTC

CONSORCIO VIAL SUR

 Ing. Victor Mejia Pardo
 Supervisor Suelos y Pavimentos

CONSORCIO VIAL SUR

 Ing. Supervisor Suelos y Pavimentos
 MTC

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
 LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MITC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Megia P.
 Fecha : 28-04-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 33+500 L/Izq (B)
 Material : E - 2 , Orgánico, a 4.00 mts del eje de la vía.
 Prof (m) : 0.25 - 0.55

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		11:25	
Hora de Salida		13:25	
Hora de Entrada		13:30	
Hora de Salida		15:30	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.68	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA 6.60%

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejia P.
 Fecha : 29-04-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 34+000 L/Izq (B)
 Material : E - 2 , Orgánico, del eje de la via.
 Prof (m) : 0.20 - 0.50

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		08:30	
Hora de Salida		10:30	
Hora de Entrada		10:03	
Hora de Salida		12:03	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.74	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA **6.30%**

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
NORMA NLT - 117:59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejia P.
 Fecha : 29-04-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 34+500 L/Izq (B)
 Material : E - 2 , Orgánico, a 3.80m ts del eje de la vía.
 Prof (m) : 0.30 - 0.75

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		09:12	
Hora de Salida		11:12	
Hora de Entrada		11:15	
Hora de Salida		13:15	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.64	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA 6.80%

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
 LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejia P.
 Fecha : 30-04-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 35+000 L/Der (A)
 Material : E - 2 , Orgánico, a 4.0 mts del eje de la vía.
 Prof (m) : 0.25 - 0.95

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		13:47	
Hora de Salida		15:47	
Hora de Entrada		15:53	
Hora de Salida		17:53	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.85	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA 5.75%

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
 LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejía P.
 Fecha : 29-04-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 35+000 L/Izq (B)
 Material : E - 2 , Orgánico, a 3.50 mts del eje de la vía.
 Prof(m) : 0.20 - 1.10

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		07:15	
Hora de Salida		09:15	
Hora de Entrada		09:18	
Hora de Salida		11:18	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.60	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA **7.00%**

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
 LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejía P.
 Fecha : 30-04-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 35+500 L/Izq (B)
 Material : E - 2 , Orgánico, a 4.00 mts del eje de la vía.
 Prof (m) : 0.10 - 0.75

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		07:40	
Hora de Salida		09:40	
Hora de Entrada		09:44	
Hora de Salida		11:44	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.67	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA 6.65%

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
 LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejia P.
 Fecha : 01-05-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 35+500 L/Izq (C)
 Material : E - 2 , Orgánico, a 4.50 mts de la vía.
 Prof (m) : 0.30 - 0.60

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		12:16	
Hora de Salida		14:16	
Hora de Entrada		14:21	
Hora de Salida		16:21	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.98	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA **5.10%**

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejia P.
 Fecha : 02-05-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 36+000 L/Izq (B)
 Material : E - 2 , Orgánico a 3.50 mts del eje de la vía.
 Prof (m) : 0.20 - 1.00

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		08:10	
Hora de Salida		10:10	
Hora de Entrada		10:13	
Hora de Salida		12:13	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.57	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA 7.15%

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
 LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejía P.
 Fecha : 02-05-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 37+000 L/Izq (B)
 Material : E - 2 , Orgánico 3.50 mts del eje de la via.
 Prof (m) : 0.30 - 1.00

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		11:25	
Hora de Salida		13:25	
Hora de Entrada		13:30	
Hora de Salida		15:30	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.58	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA **7.10%**

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejía P.
 Fecha : 03-05-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 37+500 L/Izq (B) a 3.50 mts del eje de la vía.
 Material : E - 2 , Orgánico
 Prof (m) : 0.40 - 0.70

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		07:45	
Hora de Salida		09:45	
Hora de Entrada		09:48	
Hora de Salida		11:48	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.78	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA 6.10%

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
 LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
 NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejía P.
 Fecha : 03-05-03

Datos de Muestra

Prog (Km) : 38+000 L/Izq (B) a 3.50mts del eje de la via.
 Material : E - 2 , Orgánico
 Prof (m) : 0.40 - 0.80

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		13:12	
Hora de Salida		15:12	
Hora de Entrada		15:15	
Hora de Salida		17:15	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.83	Grs.

% DE MATERIA ORGANICA 5.85%

CARRETERA : CALAPUJA - AZANGARO
 TRAMO : Km. 28+500 - 46+605.
 CONTRATISTA : CONSORCIO CALAPUJA.
 SUPERVISION : CONSORCIO VIAL SUR.

ENSAYO DE MATERIA ORGANICA
LABORATORIO DEL TRANSPORTE Y MECANICA DEL SUELO - MTC
NORMA NLT - 117/59

Realizado por : F Mireles I.
 Revisado por : Ing° V Mejía P.
 Fecha : 02-05-03

Datos de Muestra
 Prog (Km) : 36+500 L/Izq (B)
 Material : E - 2 , Orgánico a 4.00 mts del eje de la vía.
 Prof (m) : 0.30 - 1.00

DATOS

No De Ensayo		1	
Hora de Entrada		10:13	
Hora de Salida		12:13	
Hora de Entrada		12:17	
Hora de Salida		14:17	
Hora de Entrada			
Hora de Salida			
A	Peso de la muestra seca.....	20.00	Grs.
B	Peso de la muestra seca después del ensayo.....	18.55	Grs.

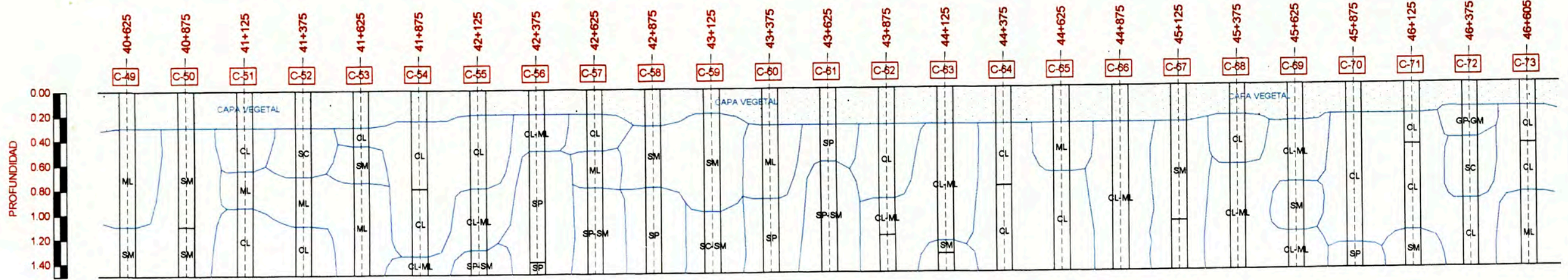
% DE MATERIA ORGANICA 7.25%

Anexo 6

Perfil Estratigráfico – Investigación Geotécnica Complementaria

PERFIL ESTRATIGRAFICO - INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA COMPLEMENTARIA KM 40+625 - KM 46+605

PERFIL ESTRATIGRAFICO REPLANTEO



INDICES DE PLASTICIDAD, DE CONSISTENCIA Y DE LIQUEZ DE REPLANTEO

LEYENDA
 IND. PLASTICO
 IND. CONSISTENCIA
 IND. LIQUEZ

		C-49	C-50	C-51	C-52	C-53	C-54	C-55	C-56	C-57	C-58	C-59	C-60	C-61	C-62	C-63	C-64	C-65	C-66	C-67	C-68	C-69	C-70	C-71	C-72	C-73	
				13.1 1.1 -0.1	14.1 0.5 0.5	13.3 0.5 0.4	11.8 0.7 0.3	28.4 1.1 -0.1	5.9 1.4 -0.4	13.2 1.4 -0.4		1.6 5.9 4.8			9.2 -0.3 1.3		8.1 1.0 0.0	3.7 -0.3 1.3				11.9 0.8 0.2	4.0 1.1 -0.1		10.0 1.0 0.1	N.P.	16.4 0.9 0.1
				N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.													
				10.9 0.6 0.4	9.5 0.3 0.7	N.P.	N.P.	10.4 0.9 0.1	5.1 1.4 -0.4						5.8 -1.3 2.3		9.9 0.3 0.7	9.4 0.0 1.0	5.3 0.6 0.4				5.8 -0.6 1.6	N.P.	10.8 0.2 0.8	8.3 0.4 0.6	11.6 0.5 0.5