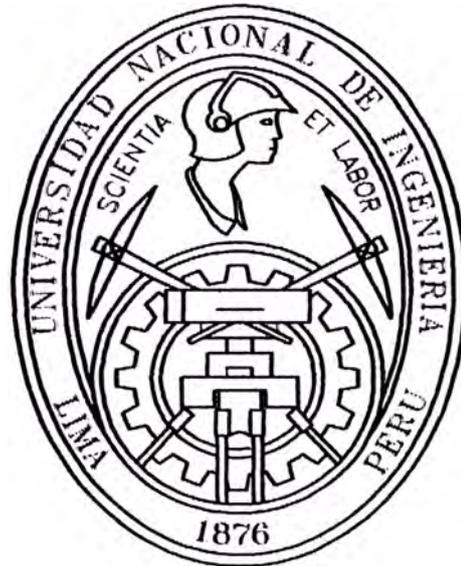


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**



**PROYECTO DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA  
CARRETERA COCACHACRA - MATUCANA  
DEL Km. 52+948.58 AL Km. 56+000  
“ESTUDIO DE REHABILITACIÓN PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**CRISTIAN MAURO FLORES SATALAYA**

**Lima - Perú**

**2,006**

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo al Señor mi Dios, mi Creador, por darme la oportunidad de existir y de crecer cada día más. Jesús dijo: **“siembra y cosecharás”**.

### **Agradecimiento**

Agradezco a mi mamá **Linita Satalaya Pérez** por tanto esfuerzo y abnegación, tú eres la principal artífice de esta meta alcanzada, gracias por todo mami, te adoro.

Estoy eternamente agradecido a mis dos ángeles que siempre me acompañaron, me motivaron y me entregaron mucho amor, mi mamá **Amanda Pérez Ríos** y mi adorada tía **Amandita Satalaya de Sam**, las amo con todas mis fuerzas.

A las familias: **Satalaya Pérez, Blanco Satalaya, Sam Satalaya, Lozano Satalaya, Satalaya Brañes, Satalaya Canales**, y a mi tía **Chabuquita**, les estoy muy agradecido por haber contribuido con su granito de arena en mi formación, prometo esforzarme y no defraudarlos.

A mi papá **Mauro R. Flores Guzmán**, gracias por haberme heredado tu inteligencia y sabiduría, eres un gran y buen hombre, te quiero mucho papi.

A mis dos hermanitos: **Anthony y Junior**, sólo me queda incentivarlos, decirles que tienen un gran potencial dentro de ellos y que la vida es hermosa, hay que aprovecharla y saberla vivir.

***cristianmauro***

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>		005
<b>INTRODUCCIÓN</b>		009
<b>CAPÍTULO I ANTECEDENTES</b>		
1.1	ALCANCES	011
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	012
	1.2.1 OBJETIVOS	
	1.2.2 BENEFICIOS	
	1.2.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
1.3	INGENIERÍA DE TRÁNSITO	015
1.4	TRAZO VIAL	017
1.5	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO	020
1.6	DISEÑO DEL PAVIMENTO	024
1.7	ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	027
1.8	ESTUDIO DE SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	028
1.9	EVALUACIÓN ECONÓMICA	029
1.10	IMPACTO AMBIENTAL	032
<b>CAPÍTULO II ANÁLISIS DE TRÁFICO</b>		
2.1	GENERALIDADES	036
2.2	OBJETIVOS	039
2.3	ESTUDIO VOLUMÉTRICO	040
	2.3.1 TRAMOS HOMOGÉNEOS	
	2.3.2 UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE CONTROL	
	2.3.3 FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL – FCE	
	2.3.4 ESTIMACIÓN DEL TRAFICO ACTUAL	
	2.3.4.1 FACTOR DE EXPANSIÓN FEX	
	2.3.4.2 RESULTADOS	
2.4	ENCUESTA DE ORIGEN Y DESTINO	048
2.5	PROYECCIÓN DE TRÁFICO	050
	2.5.1 TRÁFICO NORMAL	

2.5.2	PROYECCIÓN DEL PRODUCTO BRUTO INTERNO	
2.5.3	POBLACIÓN	
2.5.4	PRODUCTO BRUTO INTERNO PER-CÁPITA	
2.5.5	ELASTICIDAD	
2.5.6	TRÁFICO NORMAL PROYECTADO	
2.6	CARGAS POR EJE	058
2.6.1	FACTORES DESTRUCTIVOS DEL PAVIMENTO	
2.7	EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONELADAS ACUMULADOS	060
<b>CAPÍTULO III GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO</b>		
3.1	GEOLOGÍA	
3.1.1	OBJETIVO Y METODOLOGÍA	063
3.1.2	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN	063
3.1.3	CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA	064
3.1.4	DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA	064
3.1.5	EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE CANTERAS	066
3.1.6	MAPEO GEOLÓGICO	068
3.2	GEOTECNIA	
3.2.1	ESTUDIO DE SUELOS	069
3.2.1.1	OBJETIVO	069
3.2.1.2	METODOLOGÍA	069
3.2.1.3	TRABAJOS DE CAMPO	070
3.2.1.4	ENSAYOS DE LABORATORIO	071
3.2.1.5	PERFIL ESTRATIGRÁFICO	072
3.2.1.6	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	076
3.2.2	ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA	078
3.2.2.1	OBJETIVO	078
3.2.2.2	METODOLOGÍA	078
3.2.2.3	TRABAJOS DE CAMPO	078
3.2.2.4	ENSAYOS DE LABORATORIO	080
3.2.2.5	DESCRIPCIÓN DE LA CANTERA PROPUESTA	082
3.2.2.6	DISPONIBILIDAD DE USO DE LA CANTERA	084
3.2.2.7	PUNTOS DE APROVISIONAMIENTO DE AGUA	085

**CAPÍTULO IV DISEÑO DEL PAVIMENTO**

<b>4.1</b>	<b>MÉTODOS DE DISEÑO</b>	<b>086</b>
4.1.1	RESEÑA DEL MÉTODO DE DISEÑO AASHTO	086
4.1.2	RESEÑA DEL MÉTODO DE DISEÑO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	091
<b>4.2</b>	<b>PARÁMETROS DE DISEÑO</b>	<b>095</b>
4.2.1	TRÁFICO DE DISEÑO	095
4.2.2	SOPORTE DEL SUELO PARA DISEÑO	096
4.2.3	FACTORES HIDROMETEREOLÓGICO	097
4.2.4	CALIDAD DE LOS MATERIALES A EMPLEARSE	098
<b>4.3</b>	<b>APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO AASHTO</b>	<b>098</b>
4.3.1	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL MÉTODO	098
4.3.2	CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL TOTAL REQUERIDO (SN <sub>req</sub> )	099
4.3.3	CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO DEL PAVIMENTO (SN <sub>efect</sub> )	099
4.3.4	CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL DEL REFUERZO (SN <sub>ref</sub> )	100
<b>4.4</b>	<b>APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO DE RECAPADOS DEL INSTITUTO DEL ASFALTO</b>	<b>100</b>
4.4.1	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL MÉTODO	100
4.4.2	CÁLCULO DEL ESPESOR DE RECAPADO	101
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>102</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>105</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>107</b>
A1.-	ESTUDIO DE TRÁFICO	108
A2.-	ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO	132
A3.-	DISEÑO DEL PAVIMENTO	137
A3.1.-	DISEÑO PARA 10 AÑOS	138
A3.2.-	DISEÑO PARA 20 AÑOS	145

## **RESUMEN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Como parte del Curso Integrador de Vialidad Urbana, es que la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, dentro de su Plan de Titulación Profesional por Actualización de Conocimientos ha visto conveniente el desarrollo del estudio para el mejoramiento de la Carretera Central Tramo: Cocachacra - Tornamesa, la misma que sufrió los estragos producidos por el Fenómeno del Niño en el año 1,998.

Para llevar a cabo los estudios de mejoramiento de la vía, la Facultad de Ingeniería Civil a través de la Escuela Profesional, ha proporcionado la información básica necesaria para cumplir los fines, al mismo tiempo que ha facilitado los Laboratorios de Química y Mecánica de Suelos para desarrollar los ensayos correspondientes, propios del estudio realizado.

### **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

El Proyecto: "Mejoramiento de la Carretera Central. Tramo: Cocachacra – Tomamesa (Km 52+948.58 – Km 56+000)", tiene por objetivo mejorar las condiciones de servicio de la carretera a través del mejoramiento del trazo geométrico, rediseño de la superficie de rodamiento, estructuras de drenaje, obras de arte y de los dispositivos de señalización y seguridad vial.

Para este efecto, manteniendo en lo posible las características geométricas de la actual vía, el proyecto comprendió los siguientes trabajos:

Diseño del pavimento de acuerdo a las exigencias de las cargas del tráfico circulante y proyectado, para una nueva vida de servicio.

**Reparación y mejoramiento del sistema de drenaje y obras de arte.**

**Mejoramiento de los dispositivos de señalización y seguridad vial.**

### **1.3 EFECTOS**

**Como consecuencia de la rehabilitación de la carretera se espera obtener los efectos directos e indirectos siguientes:**

#### **Efectos directos**

**Reducción de fletes debido a la utilización de vehículos de mayor tonelaje.**

**Disminución de tiempos de recorrido de los vehículos.**

**Menores costos de operación de los vehículos.**

**Facilitar el turismo interno y receptivo.**

**Integrar las diferentes zonas por donde cruza la ruta.**

#### **Efectos indirectos**

**Mejorar la competitividad de productos de las zonas que hoy no pueden acceder a determinados mercados, debido a los elevados costos de transporte.**

- **Favorecer la productividad del área de influencia de la vía.**

## **1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Lima, región Sierra Central del territorio Peruano.

La carretera en estudio se inicia en el Poblado de Cocachacra, Distrito de Matucana, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima.

El proyecto termina en las proximidades al Poblado de Tomamesa, Distrito de Matucana, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima.

El tramo comprendido entre los centros poblados de Cocachacra y Tomamesa (km 52+948.58 al 56+000), es una vía que es parte de la Carretera Central.

## **1.5 INFORMACIÓN EXISTENTE**

Para realizar el presente estudio se ha apelado a la información existente en el Ministerio de Transporte, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC) referente a Estudios de Rehabilitación hechos en la década de los años 90, así como planos de post-construcción de los trabajos relacionados con dichos estudios, los cuales se resumen en lo que sigue:

Estudio de Rehabilitación de la Carretera Héroes de la Breña. Puente Ricardo Palma - La Oroya. Tramo 2: Cocachacra – Matucana, elaborado por el Consorcio PCI – CESEL (2000)  
Estudio de Rehabilitación de la Carretera Central Tramo Cocachacra – Matucana año 1995 (CPS).

Asimismo, se ha utilizado información cartográfica proveniente de la carta nacional 1:100,000, planos cartográficos 1: 25,000 y hoja de descripción de puntos geodésicos y bancos de nivel (BM) oficiales, procesados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

**La cartografía 1:25,000 utilizada fue la siguiente:**

**Hoja 22K – IV – NE Cocachacra**

**Hoja 23K – III – NO – Matucana**

## **1.6 SECCIONES TÍPICAS**

Habiéndose conservado el trazo de la carretera sin incorporar variantes ni rectificaciones, se mantiene las características planimétricas y rasantes de la carretera actual.

La actual vía tiene pavimento flexible con un ancho de rodamiento de 7.20m. y consta de 2 carriles de 3.60m. en cada sentido, conservándose esta dimensión en todo el tramo.

Las cunetas triangulares existentes tienen 1.00 m de ancho total (base del triángulo) y 0.40m. de profundidad.

Las cunetas nuevas proyectadas en los sectores en que falta este elemento tienen 1.20 de ancho total y 0.40 de profundidad, habiéndose evitado presentar una miscelánea de dimensiones, considerando que el tramo en estudio tiene solamente 3.05 Km.

## **INTRODUCCIÓN**

La elaboración del Informe de Suficiencia: *Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles*, proporciona un grupo completo de procedimientos, los cuales pueden ser usados para el diseño y rehabilitación de los pavimentos flexibles (superficies de concreto asfáltico), en carreteras de alto volumen de tránsito.

Este informe ha sido desarrollado para proporcionar recomendaciones concernientes a la determinación de la estructura de pavimentos. Estas recomendaciones incluyen la determinación del espesor total de la estructura del pavimento, así como el espesor de los componentes estructurales individuales. Los procedimientos para el diseño prevén la determinación de estructuras alternativas, utilizando una variedad de materiales y procedimientos de construcción.

El grupo total de consideraciones requeridas para asegurar el comportamiento confiable de una estructura de pavimento, incluye muchos factores diferentes a la determinación de los espesores de los componentes estructurales. Por ejemplo los requerimientos de materiales, los requerimientos de construcción y control de calidad, influirán significativamente en la capacidad de la estructura del pavimento, para comportarse según las expectativas del diseño. En otras palabras el “diseño de pavimentos”, involucra más que escoger espesores. Un buen diseñador de pavimentos debe estar familiarizado con las publicaciones pertinentes de la AASHTO y de la ASTM así como de las exigencias locales estatales y municipales, para las que se prepara el estudio.

Es extremadamente importante que el diseñador haga provisiones especiales para las especificaciones estándar, cuando las circunstancias indiquen que existen condiciones no estándar para un proyecto específico. Ejemplos de tales condiciones podrían involucrar un suelo de fundación expansivo o de materiales no comunes, los cuales previamente necesitan ser estabilizados para su uso en la estructura del pavimento o en el suelo de fundación preparado.

En el capítulo I se menciona los antecedentes generales del proyecto, haciendo una breve descripción de cada una de las especialidades propias de un proyecto integral de carreteras.

El capítulo II está orientado a proporcionar la información básica para determinar los indicadores de tráfico y repetición de ejes equivalentes para la evaluación económica y el diseño del pavimento.

El capítulo III tiene por objeto evaluar los problemas de geodinámica externa existentes en la Carretera Central, Tramo: Cocachacra – Tomamesa, averiguando sus posibles causas para luego proponer las mejores soluciones de defensa.

Finalmente, el capítulo IV presenta propiamente los métodos de diseño que se usan para la determinación de la estructura del pavimento.

## **CAPÍTULO I.- ANTECEDENTES**

### **1.1 ALCANCES**

Como parte del Curso Integrador de Vialidad Urbana, es que la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, dentro de su Plan de Titulación Profesional por Actualización de Conocimientos ha visto conveniente el desarrollo del estudio para el mejoramiento de la Carretera Central Tramo: Cocachacra - Tornamesa, la misma que sufrió los estragos producidos por el Fenómeno del Niño en el año 1,998.

Para llevar a cabo los estudios de mejoramiento de la vía, la Facultad de Ingeniería Civil a través de la Escuela Profesional, ha proporcionado la información básica necesaria para cumplir los fines, al mismo tiempo que ha facilitado los Laboratorios de Química y Mecánica de Suelos para desarrollar los ensayos correspondientes, propios del estudio realizado.

Para la elaboración del Expediente Técnico, el grupo realizó varias inspecciones a la zona en estudio, de donde se tomaron datos de campo necesarios para la realización del presente informe, sin embargo dado las limitaciones financieras del grupo para hacer estudios más detallados se recopiló los datos de campo proveniente del Estudio de Rehabilitación de la Carretera Héroes de la Breña. Puente Ricardo Palma - La Oroya. Tramo 2: Cocachacra – Matucana, elaborado por el Consorcio PCI – CESEL. De donde se obtuvo información técnica, la cual fue analizada y procesada por el Grupo de Trabajo, según las especialidades definidas.

Los estudios fueron realizados con la información recopilada en campo y de la información recopilada de estudios realizados por CESEL, la misma que comprende las áreas de geomática, geología, geotecnia, hidrología, hidráulica, tráfico y señalización, las cuales fueron procesadas, obteniéndose como

resultado final los estudios que se detallan en los capítulos posteriores del presente trabajo.

Es necesario remarcar que, con la elaboración de los estudios antes mencionados se cumple con los objetivos de la Facultad de Ingeniería Civil, para el curso integrador de vialidad interurbana del año 2005.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.2.1 OBJETIVOS**

El Proyecto: "Mejoramiento de la Carretera Central. Tramo: Cocachacra – Tomamesa (Km 52+948.58 – Km 56+000)", tiene por objetivo mejorar las condiciones de servicio de la carretera a través del mejoramiento del trazo geométrico, rediseño de la superficie de rodamiento, estructuras de drenaje, obras de arte y de los dispositivos de señalización y seguridad vial.

Para estas condiciones, el proyecto comprende los siguientes trabajos:

- Diseño del pavimento, teniendo en consideración las cargas del tráfico actual y proyectado.
- Construcción de 2 plazoletas de parada.
- Mejoramiento y Limpieza del sistema de drenaje y obras de arte.
- Mejoramiento de los dispositivos de señalización y seguridad vial.

### **1.2.2 BENEFICIOS**

Como consecuencia del mejoramiento de la carretera se espera obtener los beneficios directos e indirectos siguientes:

#### **Beneficios directos**

- Aumento de la velocidad directriz para los diversos medios de circulación.
- Disminución de tiempos de recorrido de los vehículos.
- Menores costos de operación de los vehículos.

- Integración las diferentes zonas por donde cruza la ruta.
- Facilitar el turismo interno y receptivo.
- Reducción de fletes debido a la utilización de vehículos de mayor tonelaje.

#### **Beneficios indirectos**

- Aumento de la productividad en el área de influencia de la vía.
- Mejora de la competitividad de productos, en las zonas cercanas al tramo.

Los poblados más importantes que atraviesa la vía dentro del área de influencia directa es: Cocachacra, Tomamesa y San Bartolomé, sin embargo los lugares que mayormente de beneficiarían indirectamente con la ejecución del proyecto son los departamentos de Junín, Huanuco, Pasco, Ucayali, Huancavelica, Lima y Callao.

### **1.2.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento de Lima, región Sierra Central del territorio Peruano.

La carretera en estudio se inicia en el Poblado de Cocachacra, Distrito de Matucana, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima.

El proyecto termina en las proximidades al Poblado de Tomamesa, Distrito de Matucana, Provincia de Huarochirí, Departamento de Lima.

El tramo comprendido entre los centros poblados de Cocachacra y Tomamesa (km 52+948.58 al 56+000), es una vía que es parte de la Carretera Central.

### PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



### 1.3 INGENIERÍA DE TRÁNSITO

Este estudio tiene por finalidad proporcionar la información básica para determinar los indicadores de tráfico y el número de repeticiones de ejes equivalentes para la evaluación económica y el respectivo diseño del pavimento, para lo cual ha sido necesario realizar trabajos de campo y gabinete.

Los valores obtenidos en el estudio en lo referente a los parámetros para el diseño del pavimento, se resume en lo siguiente:

#### - Índice Medio Diario Anual

El IMDA en este tramo es de 3,547 compuesto por 38.65% de vehículos ligeros, 11.17% de ómnibus y 50.18% de vehículos de transporte de carga.

#### - Tasa de Crecimiento

Las tasas de crecimiento para el periodo 2006 al 2016 y 2017 al 2026 es el siguiente:

#### TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO

PERIODOS	VEHÍCULOS LIGEROS	ÓMNIBUS	CAMIONES
2006-2016	5,1%	4,2%	6,4%
2017-2026	4,1%	3,4%	5,2%

### - Tráfico Projectado

El tráfico proyectado está compuesto por el tráfico normal existente, con crecimiento vegetativo, además por el tráfico derivado o desviado que puede ser atraído desde o hacia otra carretera, como también por el tráfico inducido o generado.

TASAS DE CRECIMIENTO	PERIODOS	VEHÍCULOS LIGEROS	ÓMNIBUS	CAMIONES
	2005-2016	1,051	1,042	1,064
	2017-2026	1,041	1,034	1,052

	2005	2006	2007	2008	2016	2017	2026
	AÑO BASE	CONSTRUCCIÓN	AÑO 1 OPERACIÓN	AÑO 2 OPERACIÓN	AÑO 10 OPERACIÓN	AÑO 11 OPERACIÓN	AÑO 20 OPERACIÓN
<b>TRÁFICO NORMAL</b>							
<b>IMD TOTAL</b>	3.547	4.938	5.219	5.517	8.608	9.009	13.586

### - Factores Destructivos del Pavimento

Los factores destructivos del pavimento o ejes equivalentes a 8.2 toneladas se han determinado para un número estructural (SN) de 4 y una serviciabilidad final de 2.5.

### - Ejes Equivalentes

Con los factores destructivos del pavimento corregido por presión de inflado de llantas, el IMDA, y las tasas de crecimiento del tráfico, se ha calculado la cantidad acumulada de ejes equivalentes a 8.2 toneladas.

El cálculo se ha efectuado para dos periodos:

- . El primer periodo comprende el año de puesta en marcha del proyecto (2007) hasta el año 10 de vida útil (2016).
- . El segundo periodo abarca el año 11 (2017) al año 20 (2026).

## **1.4 TRAZO VIAL**

Los trabajos fueron ejecutados siguiendo el procedimiento general establecido en las Normas Peruanas para Diseño de Carreteras y las exigencias de los Términos de Referencia.

Según lo anteriormente expuesto y en armonía con lo indicado en los Términos de Referencia entregados por el DEP para el Proyecto de Titulación 2005, el trazo definitivo de la carretera, se ha mantenido en lo posible, dado que ésta ha sido objeto de mejoramientos y rectificaciones hechas en zonas críticas para dotar a la vía una mayor velocidad directriz, todo esto como parte de los trabajos de rehabilitación realizados en el pasado.

### **1.4.1 TRABAJO TOPOGRÁFICO**

#### **1.4.1.1 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

En principio, para llevar a cabo el trazo de la carretera se ha buscado el procedimiento que se adecue mejor a las condiciones del tránsito y la topografía accidentada del terreno que existe en la Carretera Central, para ello se ha tomado como datos el levantamiento topográfico de la franja de la carretera proporcionada por el DEP para luego proceder a replantear los elementos del trazo.

En síntesis el procedimiento de trabajo topográfico es el siguiente.

- Reconocimiento general de ruta mediante la salida de campo realizada.
- Se realiza el estacado del eje cada 20m. en tangente y 10m. en curva, siguiendo por el eje trazado a partir del punto inicial entregado en los planos iniciales.

- En gabinete, aplicando un programa en base al levantamiento de la carretera entregado se obtiene los PI, PC, PT, los radios de curva, la longitud de los tramos en tangente.

## **1.4.2 DISEÑO GEOMÉTRICO**

### **1.4.2.1 ASPECTOS GENERALES**

Los principales aspectos del diseño geométrico se resumen en lo que sigue:

- El eje de trazo actual de la Carretera Central de la cual es parte el Tramo Cocachacra - Matucana, es el resultado de rehabilitaciones hechas anteriormente, en las que se hizo rectificaciones y mejoras del eje, para dotar a la vía una mayor velocidad directriz, así como para mejorar el paso por zonas críticas que constituían riesgo en época lluviosa, tales como el abandono de la carretera antigua que estaba en la margen izquierda del río Rimac, para pasar a la margen derecha que es más segura, a través del Puente Surco, y continuar por allí hasta el Puente Matucana, donde retoma a la margen izquierda, todo ello entre los kilómetros 66 y 74.5 (Matucana)
- En el presente trabajo se realizaron modificaciones del trazo, debido al aumento de la velocidad directriz de 50km/hr a 55km/hr este nuevo trazo tiene que estar en armonía con el tipo de terreno que es accidentado, donde la carretera está confinada entre los taludes rocosos de gran altura y el río, de modo que cualquier desplazamiento del eje ocasionaría grandes cortes que alterarían del equilibrio logrado a través del tiempo en los taludes existentes

### 1.4.2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- INICIO	Km. 52+948.58
- FINAL	Km. 56+000
- LONGITUD	3,051.42 m
- VELOCIDAD DIRECTRIZ	55 Km/h
- ANCHO DE RODAMIENTO	7.20 m
- RADIO	88.00 (Mínimo normal)
- PENDIENTE MÁXIMA	0.12

## **1.5 ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO**

### **1.5.1 GEOLOGÍA**

El presente estudio tiene por objeto evaluar los problemas de geodinámica externa existentes en la Carretera Central, Tramo: Cocachacra – Tomamesa, averiguando sus posibles causas para luego proponer las mejores soluciones de defensa.

Se ha seguido el siguiente esquema metodológico:

- a) Revisión de la información existente en los cuadrángulos geológicos a escala 1:100,000 elaborados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Hoja 24J Chosica); asimismo se ha utilizado la Carta Nacional a escala 1:100,000 del Instituto Geográfico Nacional para identificación de los puntos geográficos.
- b) Durante la inspección de campo se realizaron análisis y observaciones relativas a los aspectos geológicos, geomorfológicos, estratigráficos y de geodinámica externa.

#### **(1) Geomorfología**

El Tramo Cocachacra – Matucana se caracteriza por estar ubicado en la parte media del valle, conformada por terrazas fluvio-aluviales y pendientes abruptas de rocas intrusivas. El río en este tramo, presenta sectores sinuosos y los taludes disectados por quebradas.

## **(2) Geodinámica externa**

### **Huaycos**

Fenómeno que se origina a causa de las precipitaciones intensas que caen sobre los materiales sueltos de las laderas, produciendo el arrastre de éstos hacia el cauce principal a gran velocidad, acumulando energía dinámica considerable que socava las paredes y el fondo del cauce, cualquiera sea el material que los constituye, arrancando trozos de roca incluidos en los depósitos.

## **1.5.2 GEOTECNIA**

El objetivo del estudio de suelos es conocer las características y condiciones de las capas constituyentes del pavimento existente y de los suelos de subrasante (cimentación). Para tal fin, se llevó a cabo un trabajo previo de recopilación de información de estudios realizados anteriormente y la implementación de un programa de exploración de campo, ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete que permitan obtener resultados y conclusiones para el diseño del pavimento.

### **1.5.2.1 TRABAJOS DE CAMPO**

Los trabajos de campo realizados fueron los siguientes:

- Reconocimiento del área de proyecto e identificación de los lugares donde se harán la exploración y los muestreos.
- Excavaciones a cielo abierto (calicatas) con intervalos determinados de acuerdo a las necesidades y requerimientos del proyecto, hasta una profundidad de 1.50m o hasta encontrar imposibilidad de llegar a la profundidad indicada.

- Extracción de muestras de los diferentes estratos en cada una de las excavaciones, para realizar los ensayos de laboratorio programados para cada tipo de muestra.
- Ensayos de densidad de campo de los suelos de subrasante.

### 1.5.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos estándar realizados fueron:

Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D-422
Límite Líquido y Límite Plástico	ASTM D-4318
Contenido de Humedad	ASTM D-2216

Con los resultados de estos ensayos se hizo la clasificación de los suelos según el sistema SUCS (ASTM D-2487) y el sistema AASHTO.

Se hizo los ensayos de compactación siguientes:

Próctor Modificado	ASTM D-1557
Relación de Soporte de California (C.B.R.)	ASTM D-1883

Se tomaron valores porcentuales de C.B.R. para 100% y 95% de la máxima densidad seca para cada material, determinándose además, de la misma curva densidad-CBR, el valor de soporte correspondiente a la densidad de campo.

### 1.5.2.3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Con la información y los resultados de los ensayos de laboratorio se elaboró el perfil estratigráfico a lo largo del tramo, en el que figuran:

- Los espesores y tipo de las capas constituyentes del pavimento existente.
- La clasificación y las constantes físicas de los suelos de la subrasante que constituye la cimentación del pavimento.
- La capacidad portante CBR de los suelos de subrasante.

#### **1.5.2.4 ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA**

En el tramo Cocachacra - Matucana se hizo el estudio de canteras y fuentes de agua con la finalidad de proporcionar la información para el sustento técnico de la calidad y volumen de los materiales que serán utilizados en las capas granulares del pavimento y en la fabricación del concreto asfáltico y concreto hidráulico y en los rellenos de explanaciones.

- **Cantera Esperanza:** Ubicada en la progresiva 57+500 lado izquierdo en el lecho del río Rímac, margen izquierda. Uso para concretos asfálticos e hidráulicos, base granular, sub-base y rellenos.

Para determinar las características y el uso de los materiales de cada cantera, se realizan ensayos de laboratorio de las muestras representativas, teniéndose en consideración las especificaciones generales y las normas técnicas seguidas para una correcta presentación de un Estudio de Suelos.

## 1.6 DISEÑO DEL PAVIMENTO

En base a la información del estudio de suelos y la evaluación del pavimento existente se ha abordado el diseño del pavimento habiéndose analizado los siguientes aspectos:

- Interpretación de los resultados de la investigación geotécnica, que ha dado a conocer las capas constituyentes del actual y del suelo subyacente.
- Análisis de Tráfico.
- Juicio de condición estructural del pavimento actual, en base a lo siguiente:

**Evaluación superficial:** De la inspección visual de la superficie de rodamiento se obtuvo que las fallas que predominaron en todo el tramo fueron fisuras abiertas (severas) del tipo longitudinal, transversal y en bloque en grado moderado a extensivo.

**Evaluación deflectométrica del pavimento:** La medición de la deflexión permite zonificar el sector de acuerdo a la variación de su capacidad estructural, caracterizando cada zona con el valor de la deflexión correspondiente al 95 % percentil, obteniendo valores que varían de 39 a 55 x10<sup>-2</sup> mm, lo cual denota una resistencia variable pero con magnitudes que corresponden a pavimentos de buena capacidad estructural.

### 1.6.1 MÉTODOS DE DISEÑO

En el presente estudio se han empleado los métodos de diseño para pavimentos flexibles de la AASHTO y el del Instituto del Asfalto de Estados Unidos, los cuales se reseñan a continuación.

## **(1) Reseña del Método de Diseño AASHTO**

El método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado Número Estructural, el cuál se calcula en función de: a) El tráfico que transcurrirá por la vía, durante un determinado número de años (período de diseño); b) La resistencia del suelo que soportará al pavimento; y, c) Los niveles de serviciabilidad deseados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida de servicio.

Adicionalmente, deben considerarse determinados parámetros estadísticos, que funcionan como factores de seguridad que garantizan que la solución obtenida cumpla con un determinado nivel de confianza.

Para diseñar el refuerzo, para cada uno de los tres casos a desarrollar: 10 años y 20 años, en primer lugar se debe encontrar el Número Estructural efectivo del pavimento existente. La diferencia entre el Número Estructural Total requerido (SN req) y el Número Estructural efectivo (SN efect), será el Número Estructural del refuerzo (SN ref).

De acuerdo a la metodología AASHTO, se puede utilizar tres métodos para calcular el Número Estructural del Pavimento:

- Utilizando resultados de ensayos no-destructivos
- Utilizando análisis por componentes
- Estimando la vida remanente del pavimento

## **(2) Reseña del Método del Instituto del Asfalto**

El método del Instituto del Asfalto para el diseño de recapados, versión 1983 (Manual Series N° 17, Asphalt Institute), está basado en conceptos desarrollados experimentalmente relacionando deformación elástica, tráfico y

estado de falla. El criterio básico para el dimensionamiento de la sobre capa de refuerzo, establece que la deformación elástica que experimenta un pavimento por efecto de la aplicación de las cargas de tráfico, no debe exceder ciertos límites. Los valores críticos para las deformaciones elásticas, se han establecido a su vez para garantizar que el pavimento desarrollará un comportamiento adecuado durante un determinado período de servicio. Si las deformaciones elásticas exceden los valores admisibles, será necesario colocar una capa de refuerzo asfáltico a fin de abatir dichas deformaciones por debajo de lo permisible.

El método presenta un procedimiento para la determinación del espesor de recapado, que consistirá de una capa de concreto asfáltico de óptima calidad. Este procedimiento se desarrolla mediante el uso de un nomograma o del programa de cómputo denominado HWY.

En general, el cálculo del pavimento se realiza en función de un tráfico de diseño en Número de Ejes Equivalentes (EAL) y la Deflexión Elástica Representativa (RRD) del pavimento.

## **1.7 ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRAÚLICO**

El estudio hidrológico tiene por objeto determinar el régimen pluvial en la zona de emplazamiento de la carretera y las características físicas e hidrológicas de las cuencas que inciden en ella para la estimación de las descargas máximas y los parámetros de diseño de las obras de arte.

Esta especialidad en el presente proyecto está dirigida al estudio hidrológico de la cuenca del Río Rímac y de tributarios vecinos de la cuenca alta del Río Mantaro, que son los que rigen el comportamiento hidrológico del área de influencia del tramo en estudio.

La Carretera Héroes de la Breña (antes Central) de la cual es parte el tramo objeto de este estudio, a partir de Chosica se sitúa en el valle del río Rímac hasta llegar al punto más alto de su desarrollo, que es el abra de Anticono o Ticlio; luego cruza la divisoria de aguas para continuar hasta su progresiva final en la localidad de la Oroya.

El procedimiento seguido en el estudio fue el siguiente:

- Selección de las estaciones pluviométricas
- Recopilación de la información cartográfica y pluviométrica
- Análisis de consistencia de la información.
  
- Estudio de las características fisiográficas de las cuencas
- Determinación de las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retomo.
- Trazo de mapas de Isoyetas
- Cálculo de las descargas máximas en los lugares requeridos.

## **1.8 ESTUDIO DE SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL**

En esta carretera se requiere densa señalización pues discurre en terreno accidentado, en el que hay una diversidad de elementos tales como presencia de quebradas, cruces con la línea de ferrocarril, túneles, puentes, curvas reversas, desarrollos con curvas de volteo, zonas con acantilados y farallones.

En el Estudio de Señalización y Seguridad Vial se abordó los aspectos siguientes:

- Señalización Vertical que comprende las Señales de prevención, de reglamentación y de información.
- Señalización Horizontal o marcas en el pavimento.
- Dispositivos de Seguridad Vial: guardavías, postes delineadores, vialetas (tachas) bidireccionales, pintado de parapetos, jibas retroreflectantes.

## **1.9 EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Los resultados de la evaluación, se obtienen al comparar los flujos de costos de la situación “sin proyecto” con los flujos de costos de la situación “con proyecto”. El grado de rentabilidad del proyecto, es medido mediante los indicadores Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor Actual Neto (VAN) y Relación Beneficio / Costo (B/C).

### **1.9.1 POLITICAS DE MANTENIMIENTO**

Para la elaboración del presente estudio, se han aplicado tres políticas de mantenimiento: una sin proyecto (Alternativa 1) y dos con proyecto (Alternativa 2 y 3).

### **1.9.2 BENEFICIOS Y RENTABILIDAD**

El análisis de rentabilidad ha considerado dos alternativas “con proyecto” (Alternativas 2 y 3), y la aplicación del modelo HDM95. Los resultados nos muestran que las dos alternativas son rentables; siendo la alternativa 2, la que presenta los más altos indicadores económicos.

El cuadro siguiente, muestra los resultados de cada una de las Alternativas propuestas.

**Ricardo Palma – La Oroya, Tramo: Cocachacra - Matucana****Indicadores Económicos de Rentabilidad**

<b>Alternativa según Política de mantenimiento</b>	<b>Superficie Actual</b>	<b>Superficie Con Proyecto</b>	<b>Longitud Km.</b>	<b>TIR %</b>	<b>VAN (mill US\$)</b>	<b>B/C</b>
Alternativa 2	Pavimentada	Pavimentada	21.3	268.5	106.39	26.7
Alternativa 3	Pavimentada	Pavimentada	21.3	268.7	106.85	26.9

Elaboración Propia

**1.9.3 ANALISIS DE SENSIBILIDAD****1.9.3.1 ALTERNATIVAS DE SENSIBILIDAD**

- Con la finalidad de prever algunas situaciones de riesgo en la inversión, se realizan simulaciones afectando algunas de las variables que intervienen en el cálculo de la rentabilidad para ver hasta qué grado el Proyecto es sensible a dichas variaciones.

**1.9.3.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

Aplicando los criterios asumidos, en cada uno de los casos de sensibilidad, a la mejor alternativa de rentabilidad (Alternativa 2), se obtienen los resultados que se muestran en el cuadro siguiente:

**Ricardo Palma – La Oroya, Tramo: Cocachacra - Matucana****Análisis de Sensibilidad – Resultados de la Sensibilidad**

	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>	<b>Caso 3</b>	<b>Caso 4</b>	<b>Caso 5</b>	<b>Caso 6</b>
Tasa de Descuento (%)	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
<b>Indicadores Resultantes</b>						
Valor Actual Neto (VAN) – mill. US\$	106.0	95.7	95.3	105.6	85.1	84.3
Tasa Interna de Retorno (TIR) - %	24.3	24.2	22.0	22.3	21.6	18.0

Elaboración Propia

Como se puede apreciar, el proyecto en todos los casos sigue siendo rentable.

**1.9.4 CONCLUSIONES**

La evaluación económica y el análisis de sensibilidad, nos muestran que el proyecto de rehabilitación del Tramo 2 Cocachacra - Matucana, es alta mente rentable, en todas las alternativas propuestas, siendo la más calificada la Alternativa 2:

TIR: 268.5%;

VAN: 106.39 millones de US\$

B/C: 26.7

## **1.10 IMPACTO AMBIENTAL**

El presente estudio tiene como propósito el analizar y proponer alternativas viables que permitan evitar o minimizar los impactos negativos que las labores de construcción en la rehabilitación de la Carretera: Cocachacra - Matucana, pudiesen causar en el medio ambiente, dentro de un marco legal que sustenta este tipo de estudios a nivel general e institucional.

Para la elaboración del estudio se ha seguido los lineamientos planteados en el Manual Ambiental para el Diseño y Construcción de Vías, publicado por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, y además Guía de Costos Ambientales y Guía de Informe de Supervisión Ambiental elaborados por la Unidad Especializada de Impacto Ambiental del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

### **1.10.1 IMPACTO AMBIENTAL EN LA ETAPA DE LA REHABILITACION**

Por tratarse de obras de rehabilitación de una carretera existente, se ha tenido la oportunidad de observar directamente los puntos en que existen problemas de inestabilidad de taludes, deficiencias de drenaje, quebradas activas durante el periodo de lluvias etc.

Durante esta etapa se presentarán algunos impactos negativos, siendo estos entre otros los siguientes:

La calidad del aire se verá afectada por el aumento de niveles de inmisión, residuos de combustión incompleta de hidrocarburos debido al constante tránsito de vehículos, maquinaria pesada, compresoras y otros, además de partículas en suspensión debido a movimientos de tierra, explotación de canteras, etc.

Pérdida de suelos debido a la construcción de trochas y vías de acceso, explotación de canteras, implementación de botaderos, aumento de erosión en áreas de corte de talud por pérdida de cobertura vegetal.

Perdida de calidad de agua por agentes contaminantes como, combustible, lubricantes y finos de cobertura vegetal.

Efecto barrera de la escorrentía superficial natural del área por la construcción de cunetas y alcantarillas que conducirán el agua hacia lugares señalados por el estudio, que influirá en la recarga de acuíferos.

Destrucción directa de flora y fauna.

Cambios en los procesos migratorios, alteraciones en la accesibilidad y modificación y sistema de vida tradicional de las comunidades.

### **1.10.2 IMPACTOS AMBIENTALES EN LA ETAPA DE LA VIDA UTIL DE LA VIA**

En la segunda etapa de operación y vida útil de la vía se deberá concretar las mejoras en el servicio tales como una mayor comodidad y seguridad para el usuario, prolongación de la vida útil de la flota vehicular como consecuencia directa de las considerables reducciones en el consumo de combustible y el tiempo de viaje y una adecuada señalización vial, lo que conllevaría a un incremento del turismo respectivo. En general un desarrollo regional con la consecuente elevación de la calidad de vida del poblador de la región.

### **1.10.3 MEDIDAS DE MITIGACION EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION DEL PROYECTO**

Las medidas de mitigación de los impactos negativos en la etapa de construcción que se deberán implementar, se presentan a continuación:

**Apoyo de los Organismos del Estado. Protección de las laderas contra la erosión mediante un plan de reforestación e impedir la caza furtiva.**

**Construcción y manejo de campamento. Racionalizar el uso de espacios destinados a las construcciones provisionales**

**Manejo de lubricantes y aceites. Se han hecho recomendaciones con la finalidad de evitar el vertido de aceites y grasas durante la limpieza de motores.**

**Mantenimiento de Canteras.**

**Guardar la capa superficial de material orgánico retirado de las canteras, para que al final de la obra, pueda volver a cubrirse la cantera con dicho material para facilitar la regeneración de la vegetación, en las canteras que tengan cubierta vegetal.**

**En las canteras de playa de río, la explotación deberá ser controlada, evitando abrir nuevos cauces, respetando la morfología original.**

**Protección de Taludes.**

**Mantenimiento de la diversidad de los cauces.**

**Control de ruidos.**

**Cuidado en el transporte de materiales**

**Protección de Flora y Fauna.**

**Programa de reforestación.**

**Uso de la mano de obra local (de la zona de trabajo).**

**Utilización del Programa de Educación Ambiental.**

**Acciones compensatorias con la propiedad afectada de terceros.**

**Ubicación de planta de asfalto según requisitos especificados. La instalación de la planta de asfalto deberá cumplir con los requisitos especificados en el estudio de Impacto Ambiental.**

#### **1.10.4 MEDIDAS DE MITIGACION EN LA ETAPA DE LA VIDA UTIL DE LA VIA**

**Las medidas de carácter técnico y normativo a implementarse son:**

**Ejecutar tareas de mantenimiento rutinario y de emergencia, al término de los cuales llevar a botaderos el material excedente del mantenimiento y hacer limpieza protegiendo la flora y fauna.**

**El SINMAC en convenio con la Policía de Control de Carreteras deberá realizar campañas de educación vial con los usuarios. Asimismo tomar acciones conjuntas para evitar altas velocidades, sobrecarga de los vehículos, el transporte de sustancias peligrosas sin la debida seguridad, el transporte de pasajeros en carrocerías de baranda.**

## **CAPÍTULO II.- ANÁLISIS DE TRÁFICO**

### **2.1 GENERALIDADES**

La carretera Cocachacra – Matucana forma parte de la Ruta del Sistema Nacional N° 20 que se inicia en el Ovalo Santa Anita, continua por Matucana, Cocachacra, la misma que continua hasta San Mateo, los centros poblados mineros de Río Blanco, Casapalca y Morococha, hasta llegar a La Oroya de donde prosigue a Tarma y el valle de Chanchamayo y otro que prosigue hasta Huancayo, Huancavelica y Ayacucho.

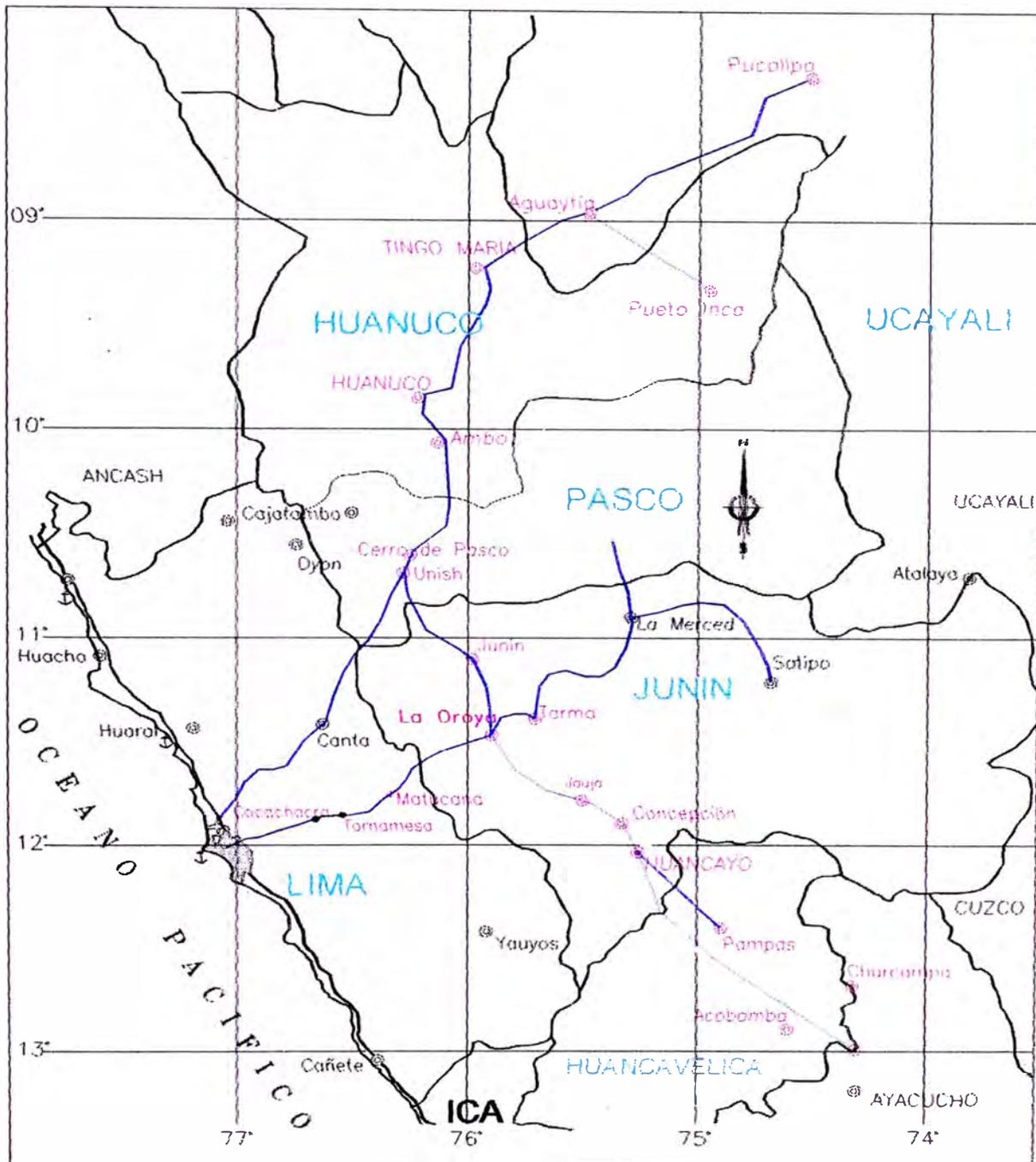
En el gráfico N° 2.1, se aprecia esta vinculación con los departamentos de Junín, Huancavelica y Ayacucho a través de la Ruta 3-S, carretera longitudinal de la Sierra Sur, y con los departamentos de Pasco, Huánuco y Ucayali a través de la carretera longitudinal de la Sierra Norte.

Actualmente es la única vía asfaltada y de características geométricas aceptables que vincula la zona central de la sierra del país con la capital. Existen otras carreteras que no son asfaltadas, por lo que la totalidad del volumen de pasajeros y carga de los departamentos citados, es trasladada a la ciudad de Lima utilizando la carretera central.

En la carretera Cocachacra – Matucana se concentran viajes de larga distancia de vehículos de pasajeros (ómnibus) provenientes de los departamentos citados, y viajes de camiones de pequeños, medianos y de gran tonelaje que transportan minerales de La Oroya, Cerro de Pasco y Huancavelica, productos agropecuarios y madera del valle de Chanchamayo, Tarma, Satipo y Pucallpa. Los viajes de corta distancia, comparativamente, son menores y se realizan en camionetas rurales y automóvil-colectivo.

El tramo materia de este estudio, forma parte de la Carretera Central, la misma que se inicia en Cocachacra y termina en Tomamesa. Ver gráfico N° 2.2

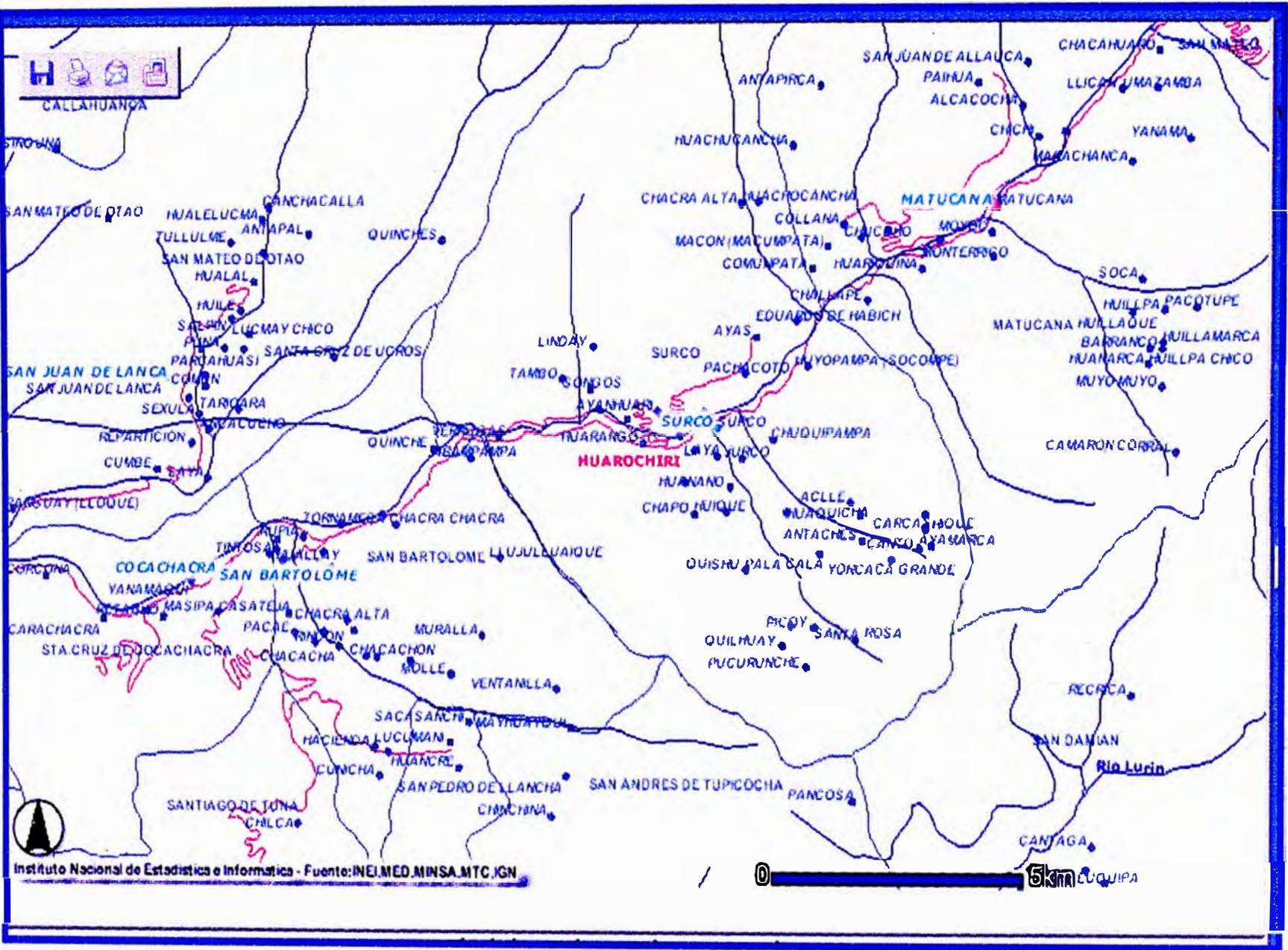
**GRÁFICO N° 2.1**



Fuente: MTC

Elaboración: Bach. Fidel Poma Sánchez

GRÁFICO N° 2.2



Fuente: MTC  
Elaboración: Bach. Fidel Poma Sánchez

## 2.2. OBJETIVOS

El estudio de tráfico está orientado a proporcionar la información básica para determinar los indicadores de tráfico y repetición de ejes equivalentes para la evaluación económica y el diseño del pavimento.

Para lograr estos objetivos se han realizado las siguientes actividades:

### En Campo

- a) **Conteos vehiculares:** esta actividad fue realizada teniendo como punto de aforo en Tomamesa (Km 56+000), donde solo se realizó el conteo en un tiempo de 3 horas consecutivas de las 24 debido al tiempo limitado que teníamos para realizar varias actividades, la metodología consiste en realizar el conteo vehicular de por lo menos 4 días consecutivos y durante las 24 horas; sin embargo para nuestro trabajo utilizaremos conteos vehiculares confiables realizados por terceros.
- b) **Encuestas de Origen y Destino:** esta actividad no fue posible realizar en el trabajo de campo debido al limitado tiempo que se tenía, además de no contar con el recurso económico para realizar este tipo de trabajo, sin embargo para nuestro trabajo utilizaremos también encuestas confiables realizados por terceros.

### En gabinete

- 1) Cálculo de los factores de corrección y del IMDA
- 2) Determinación de los departamentos que conforman el área de influencia para el cálculo del PBI y PBI Per Capita, según resultados obtenidos de las encuestas de Origen y Destino.
- 3) Cálculo de las Tasas de Crecimiento.
- 4) Cálculo de Tráfico Total Proyectado.
- 5) Cálculo de los Factores Destructivos y de los Ejes Equivalentes Acumulados.

## **2.3. ESTUDIO VOLUMÉTRICO**

El estudio volumétrico comprende la determinación de las características actuales y futuras del tráfico, las cuales pueden variar a lo largo de la carretera, por lo cual es necesario definir el concepto de tramos homogéneos.

### **2.3.1 TRAMOS HOMOGÉNEOS**

Se entiende como tramo homogéneo el tramo de una carretera donde el volumen y la composición de tráfico son iguales, así habría tantos tramos homogéneos como variaciones de tráfico existieran. Sin embargo no es práctico ni eficiente dividir una carretera en muchos tramos por lo que solo se considerará las variaciones significativas.

Por observaciones efectuadas en el terreno y de acuerdo al tramo en estudio se ha determinado que no existe tramo homogéneos, debido a que la mayor parte del volumen de tráfico es de paso y que el tramo materia del presente estudio es muy corto por lo que no se puede emplear el término de tramos homogéneos, asimismo los viajes no tienen origen ni destino dentro del área de influencia directa.

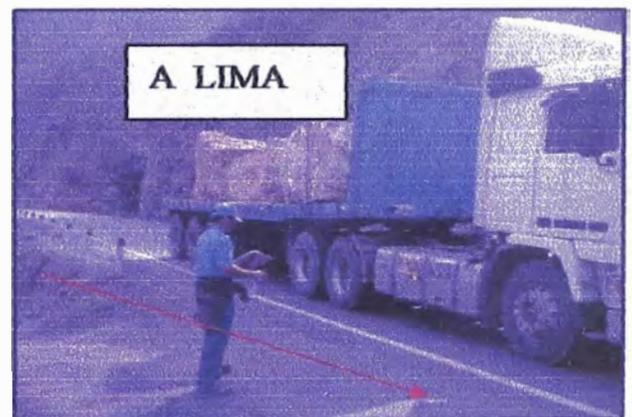
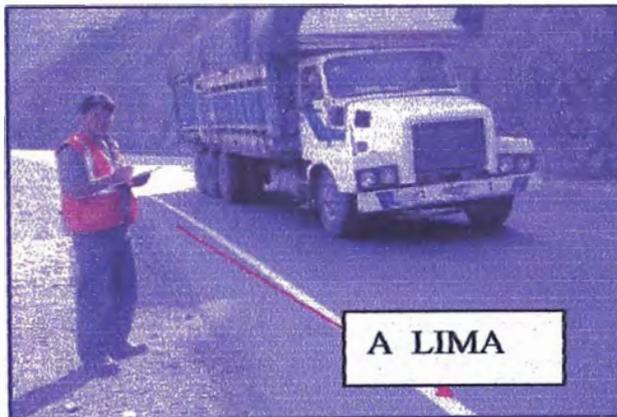
Dentro del tramo en estudio se ha determinado un nodo (punto en la carretera en donde se originan y terminan viajes o un punto por donde ingresa o sale un flujo vehicular), que corresponde al poblado de Tomamesa, pues allí existe una entrada de acceso por donde transitan vehículos rurales de transporte de pasajeros, los mismos que tienen como punto de origen a Chosica y como destino final el poblado de Tomamesa, no siendo significativo el volumen de tráfico en comparación al tramo en estudio.

### **2.3.2 UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE CONTROL**

Para el tramo en estudio se determinó una estación de control de tráfico, ubicada en el Km. 56+000, desde donde se realizó el conteo vehicular, siendo este trabajo discontinuo debido al limitado tiempo que se tenía para realizar esta actividad.

**Estación:** E-1  
**Tramo:** Cocachacra - Tomamesa  
**Ubicación:** Tomamesa  
**Progresiva** 56+000  
**Duración:** 3 Horas  
**Fecha:** Domingo 21 Enero de 2006

Se muestra a continuación el trabajo realizado en el punto de aforo para conteo vehicular:



Los datos recopilados durante las tres horas de conteo vehicular se muestran a continuación:

CUADRO Nº 2.3 CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: E-1 (Puente Esperanza)  
Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Km 56 + 000  
Sentido: Ambos

Fecha: 21/01/2006

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitraylers				Traylers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1																			0	0
1-2																			0	0
2-3																			0	0
3-4																			0	0
4-5																			0	0
5-6																			0	0
6-7																			0	0
7-8																			0	0
8-9																			0	0
9-10	29	21	3	8	3	8	7	0	6	1	2	5	1	10	0	0	1	0	105	31,1 %
10-11	36	27	4	10	5	10	5	2	4	3	1	4	0	9	0	0	0	2	122	36,1 %
11-12	19	32	8	7	7	10	10	2	2	1	1	3	0	8	0	0	0	1	111	32,8 %
12-13																			0	0
13-14																			0	0
14-15																			0	0
15-16																			0	0
16-17																			0	0
17-18																			0	0
18-19																			0	0
19-20																			0	0
20-21																			0	0
21-22																			0	0
22-23																			0	0
23-24																			0	0
Total	84	80	15	25	15	28	22	4	12	5	4	12	1	27	0	0	1	3	338	100,0 %
%	24,9 %	23,7 %	4,4 %	7,4 %	4,4 %	8,3 %	6,5 %	1,2 %	3,6 %	1,5 %	1,2 %	3,6 %	0,3 %	8,0 %	0,0 %	0,0 %	0,3 %	0,9 %	100,0 %	

ELABORACIÓN: BACH. FIDEL POMA SÁNCHEZ

Es necesario aclarar que esta información recopilado en campo es insuficiente para realizar los cálculos de factores de corrección estacional, IMD, IMDA, entre otros, debido a que la información mínima que se debe tener es de 4 días por 24 horas; por lo que para el presente trabajo se trabajará con información recopilada de otras fuentes, tal como se muestra en los cuadros A1.1 al A1.12 del anexo de tráfico.

### 2.3.3 FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL - FCE

El volumen de tráfico además de las variaciones horarias y diarias varía según las estaciones climatológicas del año, por lo tanto es necesario efectuar una corrección para eliminar las fluctuaciones del volumen de tráfico durante el año.

En este caso disponemos de series históricas de volumen de tráfico provenientes de los registros del cobro de peaje. En el cuadro N° 2.4 se muestra los factores de corrección estacional para el mes mayo, calculados sobre la base de las series históricas de tráfico obtenidas en la Unidad de peaje de Corcona. Los valores adoptados corresponden al año 2005.

Para el cálculo se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$\text{FCE mayo} = \text{IMDA} / \text{IMD}$$

Donde IMDA es el Índice medio diario anual e IMD es el índice medio diario del mes de mayo, esta información ha sido tomada del cuadro de la Unidad de Peaje de Corcona del SINMAC.

Los factores de corrección estacional – FCE adoptados son los siguientes:

#### **Vehículos ligeros**

$$\begin{aligned} \text{FCE vehículos ligeros} &= \text{IMDA veh.} / \text{IMD mes de mayo} \\ &= 1246 / 1233 = 1.010 \end{aligned}$$

**Vehículos ligeros**

$$\begin{aligned} \text{FCE vehículos pesados} &= \text{IMDA veh.} / \text{IMD veh. mes de mayo} \\ &= 1977/1941 = 1.019 \end{aligned}$$

**Cuadro N° 2.4**

**SERIES HISTÓRICAS DE FACTORES DE CORRECCIÓN ESTACIONAL**  
UNIDAD DE PEAJE DE CORCONA

AÑO		VEHICULOS LIGEROS	VEHICULOS PESADOS					TOTAL	
			2 ej es	3 ej es	4 ej es	5 ej es	6 ej es		7 ej es
2003	IMD MAYO	1.175	982	514	143	218	248	0,23	2106
	IMDA	1.202	928	494	129	218	283	0,34	2053
	FCE MAYO	1,023	0,945	0,961	0,899	0,999	1,144	1,505	0,975
2004	IMD MAYO	1.324	865	474	121	205	323	0,42	1988
	IMDA	1.260	815	476	121	222	344	0,4	1978
	FCE MAYO	0,952	0,94	1,01	1	1,08	1,06	0,95	0,995
2005	IMD MAYO	1.233	723	474	141	228	375	0,23	1941
	IMDA	1.246	763	474	132	230	379	0,33	1977
	FCE MAYO	1,01	1,06	1	0,94	1,01	1,01	1,46	1,019
<b>VALORES ADOPTADOS:</b>									
VEHICULOS LIGEROS FCE = 1.010									
VEHICULOS PESADOS FCE = 1,019									

FUENTE: SINMAC - UNIDAD DE PEAJE DE CORCONA

ELABORACION: BACH. FIDEL POMA SANCHEZ

**2.3.4 ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO ACTUAL**

Teniendo en cuenta que para este tramo se trabajó con información proveniente de terceros, donde ejecutaron trabajos de conteos vehiculares en la Estación de Peaje de Corcona ubicado en el tramo de tráfico Puente Ricardo Palma - Matucana, la cual fue controlada mediante equipos electrónicos, es por ello que se ha utilizado los registros de esta unidad de peaje para calcular el IMDA. Adicionalmente, con el objeto de desagregar el IMDA en tipos de vehículo se efectuó una clasificación durante 4 días, dos días laborables, un sábado y un

domingo, con esta clasificación se afectaron los volúmenes calculados de los registros de peaje para tener el IMDA por tipo de vehículo.

Los registros de peaje considerados en los cálculos son los comprendidos entre el jueves 4 y el domingo 7 de mayo del año 2000. En el cuadro N° 2.5 se presentan los registros de Peaje.

El cálculo del Índice medio diario se ha efectuado promediando los valores obtenidos de los registros de peaje para cada día de la semana.

Para calcular la composición vehicular se calculó con el factor de corrección FCE. (Factor de corrección estacional) para corregir la estacionalidad.

El promedio de la clasificación se ha calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio diario} = \frac{5 \cdot (V_J + V_V) / 2 + V_S + V_D}{7} \times \text{FCE}$$

Donde:  $V_J$ ,  $V_V$ ,  $V_S$  y  $V_D$  son los volúmenes de los días jueves, viernes, sábado y domingo

FCE es el factor de corrección estacional adoptado, correspondiente a los datos del año 2000 del cuadro N° 2.5, que sirve para eliminar las fluctuaciones del tráfico durante el resto del año, tal como se explica en el ítem 2.3.3.

**CUADRO N° 2.5**  
**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, EN VALORES ABSOLUTOS Y RELATIVOS**

**CARRETERA: COCACHACRA - MATUCANA****TRAMO :COCACHACRA - TORNAMESA**

DIA	DIRECCION	VEHICULOS LIGEROS				OMNIBUS		CAMIONES				CAMIONES SEMI-ACOPLADOS				CAMIONES ACOPLADOS				TOTAL	%		
		AUTOS	PICK UP	C.R.	MICROS	2 EJES	3 EJES	EJES C	2 EJES	3 EJES	4 EJES	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3				
JUEVES	COCACHACRA - TORNAMESA	314	183	73	71	130		242	182	194		12	72	24	13	1	0	12		1			
	TORNAMESA - COCACHACRA	289	182	69	7	125	61	187	201	204		40	77	52	1	3	1	12	1	17			
	AMBAS	603	365	14	141	255	12	429	383	398		52	149	76	27	4	1	24	2		1		
VIERNES	COCACHACRA - TORNAMESA	385	205	75	7	121	6	184	168	14	11	11	68	39	15	4	0	17	11	1611			
	TORNAMESA - COCACHACRA	357	184	74	77	132	63	275	178	201	11	37	59	52	119	2	-	22	17	1.860	54		
	AMBAS	742	389	149	151	253	1	459	346	215		48	127	91	27	6	0	39	2	3471	1		
SABADO	COCACHACRA - TORNAMESA	387	170	81	9	143	7	222	184	184		14	78	27	12	2	0	10		183			
	TORNAMESA - COCACHACRA	436	181	85	87	144	75	234	273	193	18	24	68	39	124	1	1	8	16	2.007	52		
	AMBAS	823	351	166	1	287	1	456	457	377	4	38	146	66	2	3	1	18	2		1		
DOMINGO	COCACHACRA - TORNAMESA	504	156	85	7	131		169	103	134	1	18	49	18	1	1	0	9	1	165			
	TORNAMESA - COCACHACRA	450	131	78	71	122	67	175	142	119	5	21	45	30	73	2	-	9	14	1.554	48		
	AMBAS	954	287	163	1	253	1	344	245	253		39	94	48	1	3	0	18		3	1		
I.M.D.	COCACHACRA - TORNAMESA	362	180	76	7	131		220	169	158		13	69	26	1	2	0	12	1	1721			
	TORNAMESA - COCACHACRA	343	175	73	7	128		205	200	190	1	35	69	47	1	2	1	12	1	177	51		
	AMBAS	704	355	149	14	259	1	425	369	348	3	48	138	73		4	1	24			1		
CE (veh. lig.	1,010	FCE (veh. Pes.)				1,019																	
I.M.D.A.	COCACHACRA - TORNAMESA	365	182	77	7	133	6	225	172	161		13	70	26	1	2	0	12	1	1747			
	TORNAMESA - COCACHACRA	346	177	74	7	131		208	203	193	1	35	70	48	12	2	1	13	1	1	51		
	AMBAS	711	359	151	1	264	1	433	376	355		48	140	74		4	1	25	2	354	1		
%	AMBAS	20%	10%	4%	4%	7%	4%	12%	11%	10%	1%	1%	4%	2%	7%	0%	0%	1%	1%	100%			

FUENTE : CESEL

ELABORACION : PROPIA

BACH. FIDEL POMA SANCHEZ

### 2.3.4.1 FACTOR DE EXPANSIÓN FEX

El factor de expansión FEX se ha calculado sobre la base de la clasificación vehicular. Por ejemplo para calcular el FEX de camionetas pick up, se divide el volumen de camionetas (355) entre el volumen de vehículos ligeros ( $704+355+149+149= 1357$ ) siendo el FEX = 0.26; El IMD de este tipo de vehículo será igual a  $0.262 * 1195 = 313$  que afectado por el factor de corrección estacional, el cual se explica en el ítem 3.3, resulta en ( $313*0.966 = 302$ ).

### 2.3.4.2 RESULTADOS

En el cuadro N° 2.5 se presentan los volúmenes de tráfico por día, dirección de circulación, tipo de vehículo y el I.M.D.A.

Como se puede observar en dicho cuadro el IMDA calculado sobre la base de los datos de peaje es de 3,547 vehículos y el calculado basándose en la clasificación efectuada es de 3,493. La diferencia entre ambos es de 1.5% lo cual es aceptable.

El Índice Medio Diario Anual en este tramo es de 3,547 compuesto por 39% de vehículos ligeros, 11% de ómnibus y 50% de vehículos de transporte de carga.

En el cuadro siguiente N° 2.6 se puede apreciar los IMDA por tipo de vehículo, calculados y corregidos al año 2000.

**CUADRO N° 2.6**  
**IMDA AÑO BASE (2000) POR TIPO DE VEHÍCULO**

VEHÍCULO	COCACHACRA - MATUCANA
AUTOS	711
PICK UP	359
CAMIONETAS RURALES.	151
MICROS	150
BUS 2 EJES	264
BUS 3 EJES	132
CAMIÓN 2 EJES CHICO	433
CAMIÓN 2 EJES GRANDE	376
CAMIÓN 3 EJES	355
CAMIÓN 4 EJES	38
2S2	48
2S3	140
3S2	74
3S3	260
2T2	4
2T3	1
3T2	25
3T3	26
<b>I.M.D.A.</b>	<b>3.547</b>

#### 2.4. ENCUESTAS DE ORIGEN Y DESTINO

Las encuestas de origen y destino tienen como objetivo conocer las zonas generadoras y atractoras de los viajes, lo que a su vez permite determinar el área de influencia de la carretera, para el cálculo del PBI y PBI Per Cápita.

Las encuestas de origen y destino de los pasajeros serán utilizadas para determinar la población del área de influencia de la vía, el tipo de vehículo, motivo de viaje, ocupabilidad, profesión e ingreso económico de los pasajeros, así como el tipo de carga y cantidad transportada.

Para el presente trabajo no se realizaron las encuestas origen – destino, tomándose como información aquella elaborada por CESEL en el año 2000, quienes ejecutaron dos encuestas de 24 horas cada una, la primera fue realizada conjuntamente con el censo de cargas llevado a cabo en estación de

Corcona los días 4 y 5 de mayo de ese año, el día 4 en la dirección Puente Ricardo Palma – La Oroya y el día 5 en la dirección La Oroya - Puente Ricardo Palma, y que comprende los vehículos pesados. El día 6 de mayo se efectuó la segunda encuesta, de origen y destino de vehículos ligeros y encuesta a los pasajeros de ómnibus, dentro de los cuales se encuentra el tramo en estudio.

Con la información recolectada se han preparado matrices de origen y destino de vehículos y de pasajeros. Ver cuadros N° A1.13 al A1.16 del anexo de tráfico.

Como se puede apreciar en las matrices, la mayor parte del volumen de tráfico que utiliza la carretera Cocachacra - Tomamesa tiene origen y/o destino en lugares ubicados fuera de los límites de esta carretera.

Los viajes en vehículos de transporte público de pasajeros en unidades pequeñas como camionetas rurales y micros son de corta distancia, unen localidades cercanas como Chosica con Matucana. Ver cuadro N° A1.13 del anexo de tráfico.

Los viajes en ómnibus mayormente tienen origen y/o destino la ciudad de Lima; de los vehículos encuestados en la estación de Corcona el 55% realiza viajes entre las ciudades de Huancayo, Huancavelica y Lima, el 19% entre Huánuco, Cerro de Pasco, Pucallpa, Tingo María y Lima, el 15% efectúa servicio de transporte entre Tarma, las ciudades ubicadas en el valle de Chanchamayo, Satipo y Lima. Ver cuadro N° A1.14 del anexo de tráfico.

En vehículos de cargas el 27% de los viajes registrados fueron entre Lima y las ciudades de Huancayo, Jauja, Huancavelica y Pampas, el 22% entre las zonas de Cerro de Pasco, Tingo María, Pucallpa, Huánuco y Lima y el 29% entre el valle de Chanchamayo, la zona de Satipo, Tarma y Lima. Ver cuadro N° A1.15 del anexo de tráfico.

De los resultados de las encuestas se determina que el área de influencia de la carretera comprende los departamentos de Lima, Junín, Huancavelica, Huánuco, Pasco y Ucayali.

Las ciudades y centros poblados incluidos en los departamentos que conforman la zona de influencia son los siguientes:

**HUÁNUCO:** Huánuco, Tingo María

**PASCO :** Cerro de Pasco, Oxapampa

**LIMA Y CALLAO:** Casapalca, Cocachacra, Corcona, Chosica, Lima, Matucana, San Bartolomé, San Mateo, Río Blanco, Surco y Ticlio.

**UCAYALI :** Pucallpa

**JUNIN :** Concepción, Chanchamayo, Huancayo, Jauja, Junín, La Oroya, Morococha, Satipo y Tarma.

**HUANCAVELICA :** Huancavelica, Pampas

## 2.5 PROYECCIÓN DE TRÁFICO

El tráfico futuro generalmente está compuesto por el tráfico normal existente, con un crecimiento vegetativo, además del tráfico derivado o desviado que puede ser atraído hacia o desde otra carretera y el tráfico inducido o generado.

### 2.5.1 Tráfico normal

Este tipo de tráfico es el que está utilizando actualmente la carretera en estudio y que ha tenido y tendrá un crecimiento vegetativo independientemente de las mejoras que se puedan efectuar.

El crecimiento estará influenciado por el mayor o menor desarrollo de las actividades económicas en el área de influencia directa e indirecta del proyecto y por el crecimiento de la población.

Se ha analizado las variaciones de tráfico entre los años 1995, 2000 y 2005 encontrando el siguiente resultado:

Teniendo como año base en 1995

El volumen de vehículos ligeros ha crecido en 14.73%, el volumen de vehículos pesados en 30.52% y el IMDA en 24.02%, respecto al año 1995.

Teniendo como año base en 2000

El volumen de vehículos ligeros ha decrecido en 9.12%, el volumen de vehículos pesados decreció en 6.85% y el IMDA decreció en 7.72%, respecto al año 2000.

Del análisis antes descritos se puede concluir que entre los años 2000 a 2005 el tráfico a decrecido, esto se debe a los continuos paros realizados por los transportistas y en general en diversos lugares del país en protesta contra el Gobierno Central, hecho que alteró el crecimiento significativo del tráfico en la zona.

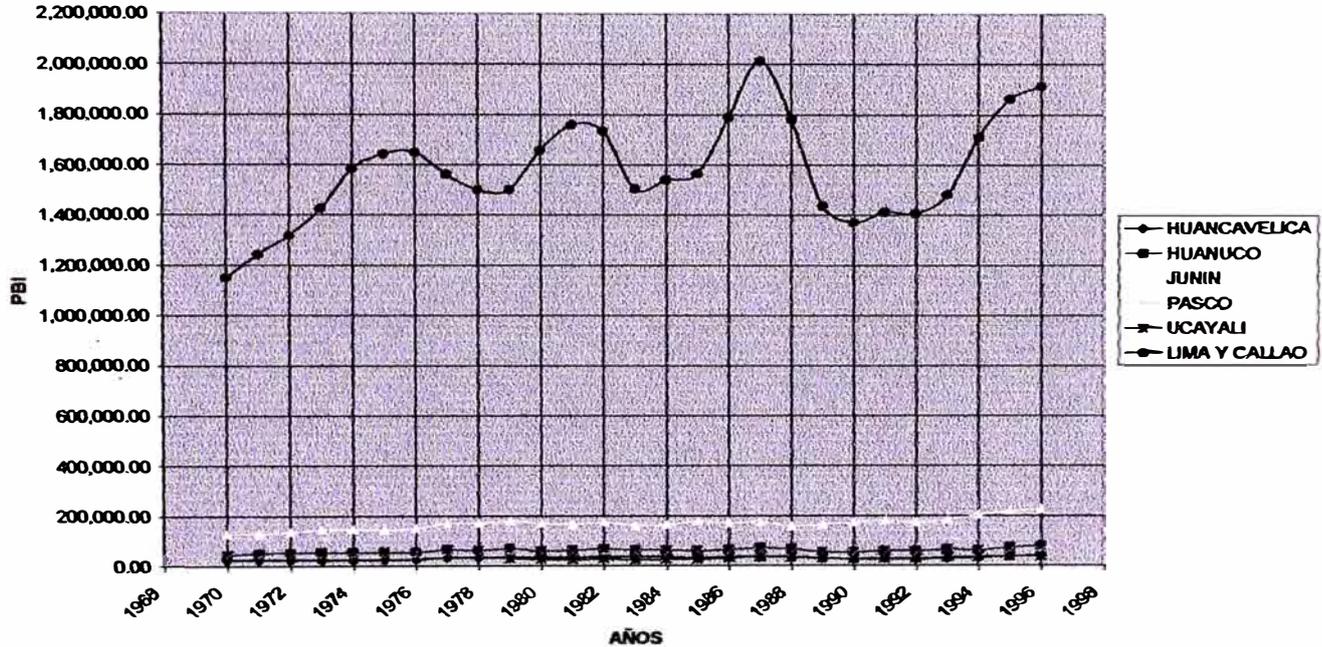
Por otro lado, para el cálculo de las tasas de crecimiento del tráfico se recopiló información anterior al año 1996, teniendo como base a las variables socio-económicas: PBI, población y PBI per cápita de los departamentos de Huancavelica, Lima, Junín, Pasco, Huánuco y Ucayali, los cuales se han seleccionado basándose en los resultados de las encuestas de origen y destino.

### **2.5.2. Proyección del PBI**

El Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, INEI, tiene calculados los PBI departamentales, en nuevos soles constantes de 1979 hasta el año de 1996, de los cuales solo se consideró los PBI de los departamentos que son parte de nuestra área de influencia, la misma que se muestra tanto en el gráfico N° 2.7, como en el gráfico N° 2.8 del PBI área de influencia del proyecto.

## GRÁFICO Nº 2.7

PBI POR DEPARTAMENTOS QUE CONFORMAN EL AREA DE INFLUECIA

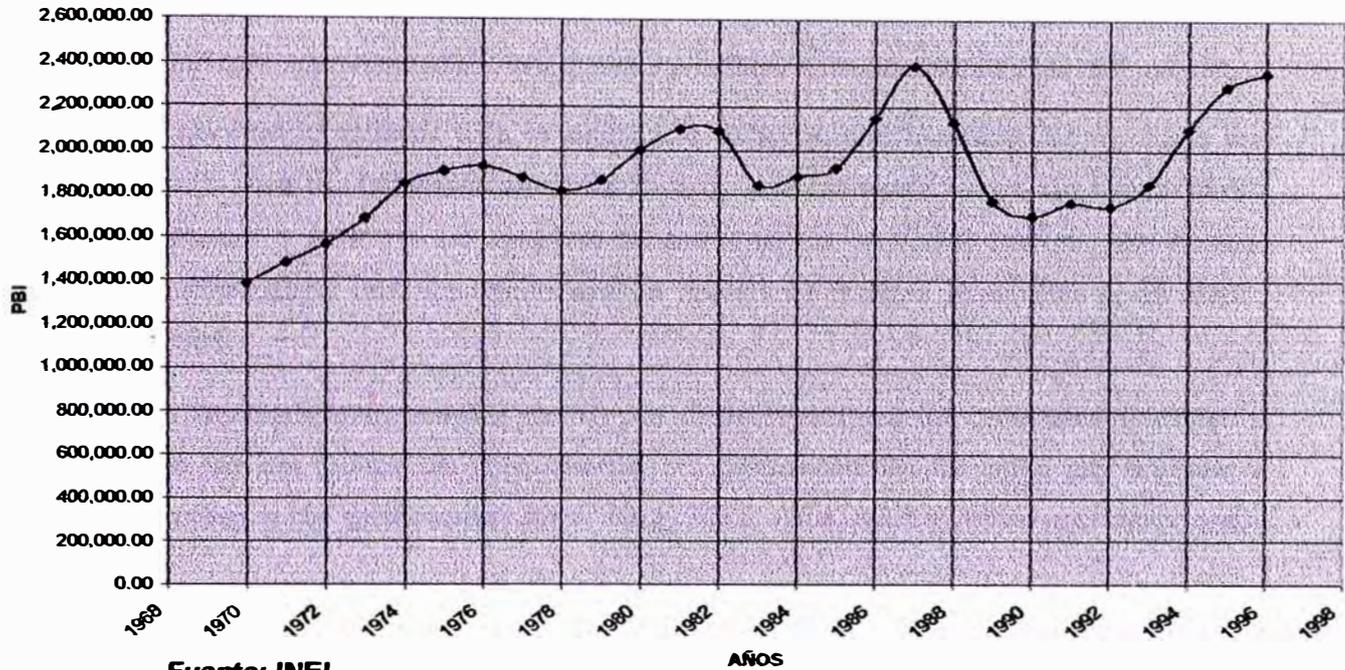


Fuente: INEI

Elaboración: Bach. Fidel Poma Sánchez

En la gráfica se observa que el comportamiento de la actividad económica es más predominante en Lima y Callao, estando alrededor de 5 veces más que el comportamiento de las actividades que se realizan en Huancavelica, Huanuco, Junín, Pasco y Ucayali, pero que todos siguen la misma tendencia.

De la gráfica anterior determinamos la gráfica del PBI para nuestra área de influencia del proyecto:

**GRÁFICA N° 2.8****PBI DEL AREA DE INFLUENCIA**

Fuente: INEI

Elaboración: Bach. Fidel Poma Sánchez

De la gráfica N° 2.8 se observa los cambios en el tiempo que ha sufrido el PBI del área de Influencia en estudio, esto se debe varios factores, siendo uno de ellos el cambio de gobierno, notándose claramente lo siguiente:

- Entre los años 1970 – 1976 tuvo un crecimiento 6.53%, con respecto al año 1970
- Entre los años 1976 - 1978, decreció 2.84% con respecto al año 1976
- Entre los años 1978 – 1982, tuvo un crecimiento de 3.79% con respecto al año 1978
- Entre los años 1982 - 1983, decreció 5.97% con respecto al año 1982
- Entre los años 1983 – 1987, tuvo un crecimiento de 7.47% con respecto al año 1983
- Entre los años 1987 – 1990, decreció 9.62% con respecto al año 1987
- A partir del año 1990, se ha incrementado el PBI

Por tanto, se realizó la regresión del PBI de cada departamento y para dos series de crecimiento histórico, la primera que abarca el período 1976-1984, y la segunda el período 1990-1996, las cuales se ajustaron a una ecuación lineal que es la mejor que se acomoda a las curvas y refleja el crecimiento real del tráfico.

Es necesario aclarar que la ecuación exponencial también se ajusta a las curvas pero que no utilizaremos debido a que representa tasas de crecimiento muy elevados y que no se ajustan al crecimiento real del tráfico, las cuales fueron comparados con los crecimientos reales de tráfico entre los años 2003, 2004 y 2005.

Las representaciones del ajuste por departamentos del área de influencia y el cálculo de las tasas de crecimiento se presentan en la parte de anexos y corresponden a las gráficas N° AA1, AA2, AA3, AA4, AA5 y A6 respectivamente.

Las ecuaciones desarrolladas por departamento del área de influencia son:

DEPARTAMENTO	1976 - 1984	1990 - 1996
HUANUCO	$y = 101,084.21x - 199,867,332.93$	$y = 35,186.16x - 67,998,133.90$
PASCO	$y = 2,341.36x - 4,612,756.50$	$y = 1,324.57x - 2,573,313.00$
LIMA Y CALLAO	$y = 3,940.14x - 7,787,654.86$	$y = 500.68x - 927,461.78$
UCAYALI	$y = 9,407.18x - 18,553,326.04$	$y = 3,739.28x - 7,232,157.79$
JUNÍN	$y = 2,122.04x - 4,195,849.18$	$y = 1,539.54x - 3,025,223.75$
HUANCAVELICA	$y = 731.65x - 1,415,034.44$	$y = 2,416.04x - 4,782,927.61$

Para calcular la tasa de crecimiento del PBI en la zona de influencia de la carretera se ha ponderado las tasas de crecimiento departamental en función a su participación en la generación de viajes de vehículos de carga basándose en las matrices de origen y destino de este tipo de vehículos. La generación de viajes corresponde a los departamentos que forman parte del área de influencia. Las tasas de crecimiento del PBI calculadas para estos períodos son las siguientes:

Periodo	Tasa de crecimiento
1976 - 1984	2.2%
1990 - 1996	5.9 %
<b>TASA PROMEDIO</b>	<b>4.1 %</b>

Como puede apreciarse las tasas de decrecimiento del PBI son mayores en el período 1990-96 que en el período 1976-84, por lo que se ha definido dos períodos de crecimiento. En el primer período, que comprende desde el año base hasta el año 10 de operación de la carretera, se ha adoptado una tasa de crecimiento de 5.9% igual a la del período 1990-96 y que esta de acuerdo a las metas del gobierno, para una economía con un crecimiento sostenido. Para el segundo período que comprende del año 11 al año 20 de operación, se ha adoptado la tasas de 4.1% de crecimiento del PBI.

Esta tasa de crecimiento alta para el primer período, se sustenta en el desarrollo que se espera en el agro, la minería y el turismo, muchas de las zonas en área de influencia del proyecto estuvieron en poder de la subversión durante la década del 80 al 90 y los primeros años de los 90, produciéndose una migración de los pobladores a ciudades de la costa y abandono del agro, asimismo los continuos paros de transportistas en protesta del gobierno central ha generado una disminución del tráfico en los últimos 5 años, por lo que se espera mejorar esos inconvenientes para los próximos 10 años.

En el sector turismo está en ejecución el Plan Maestro de Desarrollo Turístico Nacional.

Si bien los últimos años ha habido una recesión en la economía, se espera que a partir del año 2006 el crecimiento sea sostenido.

Las tasas de crecimiento adoptadas para los fines de este estudio son las siguientes:

Período 2006-2016	5.9%
Período 2017-2026	4.1%

### 2.5.3 Población

Se ha calculado la población de los departamentos involucrados, basándose en las proyecciones del INEI<sup>3</sup>, para los años 2000, 2005, 2010 y 2015. La población de los años intermedios se ha calculado con una interpolación. Para determinar las tasas de crecimiento de la población en el área de influencia del proyecto, se ha analizado la participación de la población en los viajes en

<sup>3</sup> INEI, Proyecciones Departamentales de la Población 1995-2015, mayo 1996

vehículos de pasajeros sobre la base de los resultados de la encuesta de origen y destino de pasajeros, ponderando las tasas de crecimiento de la población de cada departamento, en función de la generación de viajes (matriz de origen y destino de pasajeros).

#### 2.5.4 Producto Bruto Interno Per cápita

Para los fines del proyecto se ha calculado el PBI por habitante dividiendo el PBI entre la población proyectada.

En el cuadro N° 2.9 se presenta un resumen de las tasas de crecimiento promedio anual de los indicadores utilizados para proyectar el tráfico.

**CUADRO N° 2.9**  
**TASAS DE CRECIMIENTO DE VARIABLES SOCIO-ECONÓMICAS**

PERIODO	PBI		POBLACIÓN	PBI.h	
2006	5.9%	4.1%	1.5%	4.2%	2.4
2007-2011	5.9%	4.1%	1.3%	4.4%	2.6
2012-2016	5.9%	4.1%	0.9%	4.6%	2.8
2017-2021	5.9%	4.1%	0.9%	4.9%	3.1
2022-2026	5.9%	4.1%	0.9%	4.9%	3.1

#### 2.5.5 ELASTICIDAD

Los valores de la elasticidad se han calculado para vehículos de pasajeros y carga; en vehículos de pasajeros se calculó separadamente para vehículos ligeros y ómnibus. Los indicadores utilizados son el PBI y tráfico de camiones para vehículos de carga y PBI per cápita y tráfico de vehículos ligeros y ómnibus para vehículos de pasajeros.

$$\text{Elasticidad de vehículos de carga} = \frac{\text{Diferencia en el volumen de tráfico de vehículos ligeros}}{\text{Diferencia en el PBI}}$$

$$\text{Elasticidad de vehículos de pasajeros} = \frac{\text{Diferencia en el volumen de vehículos de pasajeros}}{\text{Diferencia en el PBI per cápita}}$$

Las elasticidades resultantes son las siguientes:

TIPO DE VEHÍCULO	PERIODO 2006-16	PERIODO 2017-26
	Tasa de crecimiento	Tasa de crecimiento
	PBI 5.9%	PBI 4.1%
Vehículos ligeros	0.88	1.03
Ómnibus	0.68	0.80
Camiones	1.08	1.27

## 2.5.6 Tráfico Normal Proyectado

El tráfico futuro se calculará con la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o (1+r)^n$$

Donde:

$T_n$  = Tráfico en el año n

$T_o$  = Tráfico actual o en el año base

r = Tasa de crecimiento

n = Año para el cual se calcula el volumen de tráfico

Las tasas de crecimiento anual del volumen de tráfico se han calculado utilizando las siguientes fórmulas:

**Para vehículos ligeros y ómnibus:**

$$r_{VP} = (1 + r_{PBIh} * E_{vp}) (1+r_h) - 1$$

Donde:

$r_{VP}$  = Tasa de crecimiento anual de tráfico de vehículos de pasajeros

$r_{PBIh}$  = Tasa de crecimiento anual del PBI per cápita

$r_h$  = Tasa de crecimiento anual de la población

$E_{VP}$  = Elasticidad de la demanda de tráfico de vehículos de pasajeros con relación al PBI per cápita

**Para el caso de vehículos de carga:**

$$r_{VC} = r_{PBI} \times E_{VC}$$

Donde:

$r_{VC}$  = Tasa de crecimiento anual de tráfico de vehículos de carga

$r_{PBI}$  = Tasa de crecimiento anual del PBI

$E_{VC}$  = Elasticidad de la demanda de tráfico de vehículos de carga

Aplicando las fórmulas se ha determinado las siguientes tasas de crecimiento promedio anual, las cuales se presenta en el cuadro N° 2.10

**CUADRO N° 2.10  
TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO**

PERIODOS	VEHÍCULOS LIGEROS	ÓMNIBUS	CAMIONES
2006-2016	5.1%	4.2%	6.4%
2017-2026	4.1%	3.4%	5.2%

## 2.6 CARGAS POR EJE

A efectos de calcular el efecto destructivo de las cargas transmitidas al pavimento por los vehículos pesados que circulan por la carretera en estudio, es necesario contar con censos de cargas, para lo cual se trabajó con información realizada por CESEL, quienes llevaron a cabo un censo de cargas de pesos por eje.

El censo se llevó a cabo cerca de la Unidad de Peaje de Corcona durante 24 horas repartidas entre dos días, el primer día en la dirección Cocachacra – Tomamesa y al día siguiente en la dirección Tomamesa - Cocachacra. Donde utilizaron una balanza portátil marca INTERCOM PT 300.

Asimismo, es necesaria la información del censo de carga de llantas, por lo que se ha tomado como fuente de información el estudio realizado por CESEL, quienes efectuaron la medición de la presión de inflado de llantas.

### **2.6.1 FACTORES DESTRUCTIVOS DEL PAVIMENTO**

Los factores destructivos del pavimento o ejes equivalentes a 8.2 toneladas ha sido determinado para un número estructural SN de 4 y una serviciabilidad final de 2.5.

El procedimiento para el cálculo de los factores destructivos del pavimento es el siguiente:

Para cada tipo de vehículo, dirección de circulación y conjunto de ejes (ejes simples, ejes tandem o ejes tridem) se agrupan los pesos (magnitud) en rangos o intervalos de 2 toneladas, dando por resultado frecuencias absolutas.

Luego se calculan las frecuencias relativas.

Al factor destructivo del punto medio del rango o intervalo, se le multiplica por la frecuencia relativa. Este factor destructivo se toma de las Tablas D.4, D.5 y D.6 del Apéndice D de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos.

La sumatoria de los factores destructivos para todos los rangos da como resultado el factor destructivo para un conjunto de ejes de un tipo de vehículo y una dirección de tráfico.

Los factores destructivos determinados son válidos para presiones de inflado de llantas de 90 psi, siendo por lo tanto necesario efectuar una corrección para aquellos ejes que sobrepasan este valor. Cabe resaltar que el impacto de las presiones de inflado de llantas está en relación al espesor del pavimento, cuanto mayor es éste menor el impacto de las presiones de inflado de las llantas.

Los factores de corrección utilizados corresponden al nomograma de la Guía AASHTO ya citada.

Los cálculos se han efectuado de la siguiente manera:

$$FD*PLL = FD * FPLL$$

Donde:

FD\*PLL es el factor destructivo corregido por presión de llantas.

FD es el factor destructivo para un conjunto de ejes de un tipo de vehículo.

FPLL es el factor de corrección por presión de llantas.

## 2.7 EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONELADAS ACUMULADOS. EAL

Con los factores destructivos del pavimento corregidos por presión de inflado de llantas, el IMDA y las tasas de crecimiento del tráfico se ha calculado la cantidad acumulada de ejes equivalentes a 8.2 toneladas.

El cálculo se ha efectuado para dos períodos. El primer período comprende el año de puesta en marcha del proyecto (2007) hasta el año 10 de vida útil (2016). El segundo período abarca del año 11 (2017) al año 20 (2026)

Para el cálculo de los ejes acumulados equivalentes a 8.2 toneladas se ha usado la siguiente fórmula:

$$EALS = \sum (IMDA_i * FDP*FPLL) * (1+r)^n - 1 / r$$

Donde:

EALS es la cantidad acumulada de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas,

IMDA<sub>i</sub> es volumen promedio de tráfico para el tipo de vehículo i

FD\*FPLL es el factor destructivo corregido por presión de inflado de llantas para el tipo de vehículo i

r es la tasa de crecimiento

n es el período para el cual se está calculando los EALS

Se observan diferencias entre los ejes equivalentes a 8.2 toneladas, acumulados en 10 y 20 años, según el sentido del tráfico. En la dirección Tornamesa - Cocachacra la cantidad de EAL es mayor por que los camiones de más de 3 ejes viajan cargados con minerales provenientes de La Oroya y Cerro de Pasco, madera y frutas de Chanchamayo y Pucallpa. En cambio muchos de estos camiones realizan el viaje de regreso, es decir en la dirección Cocachacra - Tornamesa, sin carga.

En el Cuadro N° 2.11 se presenta un resumen de los Ejes Equivalentes a 8.2 toneladas acumulados durante 10 años de vida útil del pavimento (año 2007 – 2016) y durante los 10 años siguientes (año 2017-2026)

## CUADRO N° 2.11

**EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS  
TRAMO COCACHACRA - TORNAMESA  
Pt=2.6, NS=4**

TASAS DE CRECIMIENTO	Veh. Lig	Bus	Camiones
	5.1%	4.2%	6.4%
	4.1%	3.4%	5.2%

## DIRECCION DE COCA CHA CRA - TORNAMESA

VEHICULOS	MDA-2007	MDA-2016	MDA-2026	FDP/FPLL	EAL-2007	EAL-2016	EAL-2026
2 EJES	178	258	360	2.56	457	661	924
3 EJES	89	129	180	1.22	109	157	220
<b>TOTAL BUS</b>	<b>267</b>	<b>387</b>	<b>540</b>		<b>566</b>	<b>818</b>	<b>1144</b>
2 EJES	573	1000	1660	0.46	265	462	767
3 EJES	249	436	723	1.33	332	581	964
4 EJES	31	55	92	1.97	62	108	180
ARTICULADOS	416	727	1206	1.55	645	1128	1871
<b>TOTAL CAMION</b>	<b>1269</b>	<b>2218</b>	<b>3680</b>		<b>1304</b>	<b>2280</b>	<b>3783</b>

PERIODO	EAL
2007-2016	11,307,581
2017-2026	17,983,643
2007-2026	29,291,223

## DIRECCION: TORNAMESA - COCA CHA CRA

VEHICULOS	MDA-2007	MDA-2016	MDA-2026	FDP/FPLL	EAL-2007	EAL-2016	EAL-2026
2 EJES	175	253	354	2.63	460	666	930
3 EJES	88	126	177	1.31	115	166	233
<b>TOTAL BUS</b>	<b>263</b>	<b>379</b>	<b>531</b>		<b>575</b>	<b>832</b>	<b>1163</b>
2 EJES	676	1181	1960	1.04	705	1231	2043
3 EJES	299	522	867	2.11	630	1102	1828
4 EJES	28	49	81	2.05	57	100	167
ARTICULADOS	478	836	1387	3.83	1831	3201	5310
<b>TOTAL CAMION</b>	<b>1481</b>	<b>2588</b>	<b>4296</b>		<b>3223</b>	<b>5634</b>	<b>9348</b>

PERIODO	EAL
2007-2016	17,506,573
2017-2026	24,351,924
2007-2026	41,858,497

## **CAPÍTULO III.- ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO**

### **3.1 GEOLOGÍA**

#### **3.1.1 OBJETIVO Y METODOLOGÍA**

El presente estudio tiene por objeto evaluar los problemas de geodinámica externa existentes en la Carretera Central, Tramo: Cocachacra – Tomamesa, averiguando sus posibles causas para luego proponer las mejores soluciones de defensa.

Se ha seguido el siguiente esquema metodológico:

- a) Revisión de la información existente en los cuadrángulos geológicos a escala 1:100,000 elaborados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Hoja 24J Chosica); asimismo se ha utilizado la Carta Nacional a escala 1:100,000 del Instituto Geográfico Nacional para identificación de los puntos geográficos.
- b) Durante la inspección de campo se realizaron análisis y observaciones relativas a los aspectos geológicos, geomorfológicos, estratigráficos y de geodinámica externa.

#### **3.1.2 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN**

El tramo de la carretera en estudio, se encuentra comprendido entre la localidad de Cocachacra (Km 52+948.58) y las proximidades a la localidad de Tomamesa (Km 56+000), en el valle del río Rímac.

A continuación se resumen los aspectos más importantes tomados de las observaciones a lo largo de la carretera, considerando los aspectos geomorfológicos, estratigráficos, estructurales y de geodinámica externa,

relacionados directamente con su emplazamiento a lo largo de la margen izquierda del río Rímac.

Del Km 53+000 al Km 56+500 la carretera se extiende a través de un corte que se hizo en un depósito coluvio-aluvial, el mismo que posee una inclinación fuerte que varía entre 50° y 70°, a veces a ambos lados. La altura del corte alcanza hasta 20 m; sin que se logre identificar alguna inestabilidad notoria debido a la fuerte cementación.

### **3.1.3 CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA**

Por la ubicación geográfica, el tramo estudiado está entre los 1,401 y 1,522 msnm, el clima es cálido, aunque ligeramente húmedo y con escasas lluvias en verano recorriendo un valle estrecho con poca vegetación.

Las precipitaciones pluviales generan el escurrimiento de las aguas por los cauces principales y los de sus tributarios, lo que puede afectar las obras civiles. Los aspectos importantes a considerar son: el grado de ramificación del río y el número de bifurcaciones que a su vez tienen sus tributarios; la densidad del drenaje; la extensión media del escurrimiento superficial y la elevación de la pendiente.

La humedad relativa se caracteriza por tener un promedio mayor en el verano (87%), siendo la precipitación media anual en Matucana de 285 mm.

### **3.1.4 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA**

En nuestro tramo (Km 52+948.58 al Km 56+000) las rocas pertenecen al Cuaternario Reciente (Q-al). Asimismo, las rocas intrusivas encontradas pertenecen al Jurásico Superior y están constituidas principalmente por andesitas de la Formación Arahua (J-ar).

La geomorfología del tramo está íntimamente relacionada con los eventos que determinan los rasgos geomorfológicos de todo el valle, los mismos que han dado lugar a la formación de las quebradas y altas cumbres.

La geomorfología se caracteriza por estar conformada de terrazas fluvio-aluviales y pendientes abruptas de rocas intrusivas. El río, presenta sectores sinuosos y los taludes están disectados por algunas pocas quebradas.

### **CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD LITOLÓGICA**

**Kilometraje:** 53+000 al 56+000

**Margen de la vía:** Derecha.

**Formación:** Arahuay.

**Símbolo:** J-ar

**Tipo de roca:** Derrames andesíticos.

**Fallas geológicas:** No hay presencia.

**Fracturas:** Presencia moderada.

**Densidad de fracturas:** 2-3

**Inclinación de talud sobre vía:** 50-70

**Meteorización:** Leve.

**Filtración de agua:** Por sectores.

### 3.1.5 EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE CANTERAS

Se ha localizado la cantera con el fin de obtener agregado y rocas para concreto y asfalto. Otro de los usos es para la extracción de material de préstamo para el afirmado, material compuesto por arenas, arcillas y fragmentos de roca que son utilizados en la subrasante y capa basal de la carretera.

Las arenas que se utilizan para la producción de morteros y hormigón no debe contener más de un 2% de arcilla y deben estar limpias; por lo general deben ser bien seleccionadas y estar libres de cualquier tipo de contaminación orgánica. Estas arenas limpias que se producen por la descomposición de las rocas graníticas y granodioríticas, se pueden conseguir en el cauce del río Rímac, y de sus tributarios. Las gravas y sedimentos finos utilizables como relleno, pueden ser extraídos de los conos aluviales que rellenan las quebradas. Se trata de utilizar las canteras ya explotadas para así evitar la desestabilización de nuevos taludes.

La cantera explotable en nuestro tramo tiene las siguientes características:

**Cuadro 3.1**

Cantera	Progresiva	Lado	Acceso	Potencia (m <sup>3</sup> )	Rendimiento	Usos	Tratamiento
Esperanza	57+500	Izq.	700m	91,000	70%	Sub-base Base, Concreto Asfalto	Zarandeo Chancado

A continuación se comenta las características geológicas de la cantera Esperanza:

### **CANTERA ESPERANZA**

Ubicación	Km 57+500
Ambiente de deposición	Playa de inundación del río Rímac.
Material	Cantos rodados
Forma	Redondeadas a sub redondeadas
Acceso	Existe una trocha de penetración. El ingreso es por el km 57+500, a aproximadamente 800 m antes del puente Esperanza. La trocha existente es angosta y de fuerte pendiente, por lo que fue mejorada para su utilización.
Geomorfología	Cuenca reticular, valle en "V" con laderas de 45° ~ 50° de pendiente. El ancho del cauce del río Rímac es de 50 ~ 90 m. Ambas márgenes del valle están constituidas de rocas andesíticas, a la altura del talud abrupto. El depósito coluvio-aluvial se localiza esporádicamente sobre los afloramientos rocosos. Existen conos de deyección en ambas márgenes.

Composición litológica	Rocas graníticas	60%
	Rocas andesíticas	35%
	Rocas otras	5%
Granulometría	> 30 cm.	25%
	3 ~ 30 cm.	35%
	Arena Gruesa	40%
Evaluación geológica	El contenido de rocas graníticas es mayor con respecto a las rocas andesíticas. Existe buen porcentaje de material fino.	

### 3.1.6 MAPEO GEOLÓGICO

Kilometraje: 53+000 al 56+000

Lado de la carretera: Derecha.

Litología: Bloques, gravas, arena, limo.

Inclinación: 50°-70° (fuerte)

Fracturamiento: Presencia moderada

Condición: Estable - compactado

Unidad estratigráfica: Depósitos coluvio-aluviales (Q-col),

Formación Arahuay (J-ar)

Intensidad sísmica: XI

Comentarios: Depósitos compactados y cohesivos,  
afloramiento sobre rocas andesíticas.

## **3.2 GEOTECNIA**

### **3.2.1 ESTUDIO DE SUELOS**

#### **3.2.1.1 OBJETIVO**

El tramo comprendido entre los centros poblados de Cocachacra y Tomamesa (Km 53+000 al 56+000), es una vía que pertenece a la Carretera Central, y tiene por sección de calzada una longitud de 7.2 m de ancho, con un carril de circulación por sentido y pavimento flexible en toda su extensión.

En el año 2000, el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC), de acuerdo a su política de Gobierno, ejecutó a través del Sistema de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC) el “Proyecto de Rehabilitación de Carreteras afectadas por El Niño”, es así que en el tramo antes mencionado se realizaron los trabajos necesarios para conocer la estructuración existente del camino, la condición de la superficie de rodadura y la resistencia del conjunto pavimento - subrasante.

El objetivo del presente estudio de suelos es conocer las características y condiciones de los suelos que forman el pavimento, explanaciones y terreno de cimentación. Por consiguiente, primero se realiza un trabajo de recopilación de información de los estudios de rehabilitación realizados en la zona. A continuación, se programa los trabajos de exploración de campo, ensayos de laboratorio y trabajos de gabinete con la finalidad de determinar las características generales de los suelos que integran la vía y que sirven para el diseño del pavimento.

#### **3.2.1.2 METODOLOGÍA**

Para la elaboración del estudio de suelos se realizan trabajos de exploración de campo como excavación de calicatas, extracción de muestras

representativas de los estratos y determinación de las características físicas de los materiales, lo cual permite describir el tipo de suelo predominante en la zona. Luego, se realizan los respectivos ensayos de laboratorio para determinar las características físico-mecánicas requeridas y clasificar correctamente los suelos, asimismo con los resultados realizar el análisis de capacidad de soporte del terreno y diseño del pavimento.

### **3.2.1.3 TRABAJOS DE CAMPO**

Como parte de la evaluación geotécnica del suelo que compone la subrasante y el pavimento existente en el tramo en estudio, se realiza un programa de exploración de campo, excavación de calicatas y recolección de muestras para ser ensayadas en laboratorio.

Es preciso mencionar que para este Informe, los datos de campo se tomaron del Estudio de Rehabilitación de la Carretera Héroes de la Breña. Tramo 2: Cocachacra – Matucana, dicha información ha sido verificada con nuestros propios datos obtenidos en la salida de campo del 20, 21 y 22 de Enero del 2006. Los trabajos de campo realizados fueron los siguientes:

Reconocimiento del área y exploración del terreno natural existente mediante excavaciones manuales a cielo abierto o calicatas hasta una profundidad de 1.50m o hasta encontrar imposibilidad de un mayor avance debido a la presencia de la napa freática, la existencia de suelos cementados o mantos rocosos. Los trabajos de exploración de campo, para la rehabilitación mencionada, fueron realizados en los meses de Abril y Mayo del 2000. Estos trabajos consistieron en la excavación manual de 06 calicatas de 1.50 m de profundidad, ubicadas en las bermas al borde de la superficie de rodadura. En el Anexo A del Estudio de Suelos se presentan los registros de excavación de estas calicatas. Como medida de verificación a esta información, en campo, se realizó la excavación de la Calicata C-1 de 1.00m de profundidad, al borde de la superficie de rodadura, en la progresiva 55+340.

Se identificaron los diferentes estratos en cada una de las excavaciones y se obtuvieron muestras disturbadas representativas que fueron llevadas al laboratorio para efectuar los ensayos de sus características físicas. Para los trabajos de rehabilitación, se obtuvieron un total de 13 muestras representativas disturbadas de las calicatas, los cuales sirvieron para los ensayos de clasificación y se extrajeron 05 muestras para la realización de ensayos CBR.

En la rehabilitación ejecutada se determinó la densidad de campo de la subrasante.

#### **3.2.1.4 ENSAYOS DE LABORATORIO**

Con las muestras de suelo que se obtienen de las excavaciones se realizan los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, estándar y de compactación, a fin de identificar el tipo de suelo y determinar sus propiedades de capacidad de soporte.

Los ensayos de laboratorio, para la verificación, fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI.

Los ensayos estándar realizados fueron:

Análisis Granulométrico por Tamizado	ASTM D-422
Límite Líquido y Límite Plástico	ASTM D-4318
Contenido de Humedad	ASTM D-2216

Estos ensayos fueron necesarios para clasificar los suelos según el sistema SUCS (ASTM D-2487) y el sistema AASHTO.

Los ensayos de compactación, consistieron en:

Próctor Modificado	ASTM D-1557
Relación de Soporte de California (C.B.R.)	ASTM D-1883

Para la rehabilitación, se tomaron valores porcentuales de C.B.R. para 100% y 95% de la máxima densidad seca para cada material, determinándose además, de la misma curva densidad-CBR, el valor de soporte correspondiente a la densidad de campo.

### 3.2.1.5 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Con la finalidad de preparar el perfil estratigráfico se realiza la medición de las capas constituyentes del pavimento existente y del suelo de subrasante, obteniéndose los resultados siguientes:

#### CARPETA ASFÁLTICA

De espesor variable a lo largo de toda la carretera, sin embargo en nuestro tramo de estudio tiene la siguiente característica:

<u>Km</u>	al	Km	<u>Espesor</u>
53+000		56+000	20 cm (buen estado)

#### BASE GRANULAR

De igual forma, su espesor es variable entre 15 y 40 cm, siendo su espesor en el tramo de estudio de 20 cm.

#### SUBBASE

Esta capa estructural, sólo fue detectada en una calicata, ubicada en las proximidades del km 53+000 con un espesor de 25 cm, por lo que para el

análisis del pavimento se considera solamente la carpeta asfáltica y la base granular.

Los ensayos de laboratorio permiten clasificar correctamente los suelos existentes y, en el caso de la subrasante, determinar su condición de compactación y de capacidad de soporte.

En general los suelos que integran el pavimento y subrasante están formados por material granular, gravas limosas y arcillosas de baja plasticidad, encontrándose en zonas aisladas arenas con finos de baja plasticidad.

### **CARACTERÍSTICAS PARTICULARES**

Las características particulares de cada capa son las siguientes:

#### **Carpeta**

De acuerdo a la inspección visual realizada en calicatas, en todo el tramo la carpeta existente se encuentra en buen estado, debido que recientemente se realizaron los trabajos de rehabilitación pertinente, anterior a esto, la carpeta estuvo formada por tres capas producto de los recapeos anteriores (de 5 a 8 cm de espesor cada una), motivo por el cual es que se registraron espesores de hasta 20cm de carpeta asfáltica.

#### **Base granular**

Formada predominantemente por gravas limo-arcillosas bien y mal graduadas de forma angular a subangular, y zonas aisladas con presencia de arena limo-arcillosa, predominando los suelos con clasificación GP-GM y GW-GM.

**Subrasante**

Formada por material granular de forma angular a subangular, gravas limosas y arcillosas en su mayoría.

En la cuadro 3.2 se muestra un resumen con los resultados de densidades secas máximas, grado de compactación y CBR de la subrasante. Asimismo, se presenta la determinación del Módulo de Resiliencia de la subrasante utilizando el Método del Percentil.

En el anexo de geología y geotecnia se presentan los reportes de ensayos de laboratorio.

**CUADRO 3.2**

**MÓDULOS RESILIENTES CALCULADOS USANDO EL CBR DE LABORATORIO**

**PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL. Tramo: Cocachacra - Tornamesa**

**ZONA: 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya**

**TRAMO: 2 : Cocachacra - Matucana**

**UBICACIÓN: km 52+948.58 al km 58+000**

CALICATA	PROGRESIVA	MUESTRA	PROFUND. (m)	CLASIFICACIÓN		Proctor Modificado		COMPACT. (1) (%)	CBR (2) (%)	MR (3) (ksi)
				SUCS	AASHTO	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)			
31	53+000	3	0.70-1.50	SM-SC	A-1-a	2,23	6,8	94	22	13,6
32	53+500	2	0.60-1.50	GW-GM	A-1-a	2,27	6,6	95	49	17,1
33	54+000	2	0.40-1.50	GP-GW	A-1-a	2,25	5,2	89	36	15,7
35	55+300	2	0.40-1.50	GP-GM	A-1-a	2,25	6,1	93	36	15,7
36	55+860	2	0.45-1.50	GP-GM	A-1-a	2,29	6,2	94	48	17,0

Percentil (90%)

15,4

OK

**NOTAS EXPLICATIVAS**

- (1) PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN QUE CORRESPONDE A LA DENSIDAD DE CAMPO
- (2) CBR CALCULADO PARA LA DENSIDAD DE CAMPO DEL SUELO Y PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"
- (3) MÓDULO DE RESILIENCIA CALCULADO USANDO LOS VALORES DE CBR Y LAS ECUACIONES DE CORRELACIÓN OBTENIDAS EN EL BOLETÍN TÉCNICO "CAMINOS" DEL INSTITUTO PANAMERICANO DE CARRETERAS, SEGUNDO TRIMESTRE 1998 (PUBLICACIÓN N° FHWA-PL-98-029).

### 3.2.1.6 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

De lo tratado anteriormente puede comentarse que la estructura de pavimento esta formada básicamente por carpeta y base, sin que se haya detectado la capa de sub-base en un espesor constante.

La carpeta asfáltica presenta espesores considerables, hasta de 20 cm, debido a los anteriores trabajos de rehabilitación que principalmente han consistido en la colocación de recapeos de 5 a 8 cm de espesor.

Los suelos que forman la base granular están formados principalmente por gravas bien y mal graduadas con pocos finos limosos y arcillosos, apoyados sobre una sub-rasante formada igualmente por material granular de características similares al de base, pero con contenido de finos y plasticidad ligeramente mayor. El espesor de la capa de base 20 cm.

El grado de compactación de la sub-rasante es de 93 % en promedio por lo que se considera un poco baja.

El CBR determinado a la densidad del lugar es muy variable, de 22 a 49 %; sin embargo, estos valores se consideran representativos de una sub-rasante de buena calidad, proporcionando un soporte adecuado al pavimento.

Para los trabajos de rehabilitación mencionados, se tuvieron en cuenta las características de los suelos que integran la estructura de la vía, delimitándose por zonas, basándose para ello en el tipo de material existente y en el espesor de las capas del pavimento, debiéndose señalar que las propiedades de los suelos fueron muy similares, con contenido de finos y plasticidad bajos; sin embargo, debido a que el tramo en estudio presentaba zonas con daños severos, la zonificación se hizo teniendo en cuenta la relación de las fallas existentes, obteniendo lo siguiente:

**Base granular:**

<u>Km</u>	al	<u>Km</u>	Descripción
53+000	-	54+000	Predominando las gravas limo-arcillosas, (GM-GC)
54+000	-	56+000	Predominando las gravas limosas mal graduada, (GP-GM)

**Subrasante:**

<u>Km</u>	al	<u>Km</u>	Descripción
53+000	-	56+000	Predominado las gravas limosas y arcillosas, bien y mal graduadas.

La zonificación de acuerdo al espesor de las capas de pavimento está regida principalmente por la variación en el espesor de la carpeta y secciones predominantes.

**LONGITUD****ESPEORES (cm)**

<u>Km</u>	al	<u>Km</u>	Km	Carpeta	Base	Sub-base
53+000	-	54+000	3,0	20	20	-

## **3.2.2 ESTUDIO DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA**

### **3.2.2.1 OBJETIVO**

El estudio de canteras y fuentes de agua tiene por objetivo proporcionar el sustento técnico con relación a la determinación de volúmenes y calidades de los materiales que están disponibles para la rehabilitación y/o mejoramiento de una carretera.

### **3.2.2.2 METODOLOGÍA**

Para cumplir con el objetivo trazado es necesario realizar un reconocimiento de campo dentro del área de influencia del proyecto identificando la existencia de aquellos materiales que son útiles y están disponibles, realizándose para ello un adecuado programa de exploración de campo.

El estudio de canteras consiste en la excavación de calicatas y extracción de muestras representativas, permitiendo estimar el volumen existente y definir el tipo de suelo predominante. Por medio de los ensayos de laboratorio se determinan las características físico-mecánicas de los materiales que serán usados en las diferentes etapas de la construcción de la carretera, proponiendo su utilización de acuerdo a los resultados obtenidos, ya sea para ser usados como material de relleno, para subrasante, base, sub-base, agregados para asfalto y concreto.

### **3.2.2.3 TRABAJOS DE CAMPO**

En la cantera estudiada se realizaron excavaciones de calicatas obteniendo el perfil estratigráfico y muestras representativas para los respectivos ensayos de laboratorio.

La evaluación de los materiales, se realiza considerando que el material útil es de tamaño menor o igual a 2"; en consecuencia, se determina el valor cuantitativo del volumen de material mayor de 2", así como también, el tamaño máximo del material presentado en la cantera.

La clasificación de fragmentos gruesos se realiza mediante una selección manual de los materiales correspondientes a bolones, cantos y del material menor de 2", obteniéndose una distribución cuantitativa; esta información sirve para estimar la curva de la muestra integral y en consecuencia determinar el valor de la eficiencia de cada uno de los materiales disponibles en la cantera.

La clasificación del material menor de 2" de diámetro, se determina realizando el análisis granulométrico en muestras alteradas representativas de la cantera.

La descripción del perfil estratigráfico se realiza de acuerdo con las normas ASTM D-2488 y su terminología esta en función de la distribución de los materiales granulares de las mezclas: bolones, cantos, gravas, arenas y finos.

Para la rehabilitación mencionada, los trabajos de exploración de campo consistieron en la excavación manual de 10 calicatas de 3.0 m de profundidad. Las muestras representativas disturbadas de la cantera son remitidas para sus respectivos ensayos de laboratorio. En el cuadro 3.3 se resume las excavaciones realizadas en la cantera. Como medida de verificación, durante la salida de campo, se hizo la excavación de una (01) calicata en la zona correspondiente a la cantera, se anexa la hoja de registro correspondiente.

**CUADRO 3.3**  
**RESUMEN DE LAS EXCAVACIONES EN LA CANTERA**

<b>Cantera</b>	<b>Ubicación Progresiva (Km)</b>	<b>Calicata (Nº)</b>	<b>Profundidad (m)</b>
ESPERANZA	57+500	C-1	3.00
		C-2	3.00
		C-3	3.00
		C-4	3.00
		C-5	3.00
		C-6	3.00
		C-7	2.90
		C-8	3.00
		C-9	3.00
		C-10	3.00

En el anexo AGG4 se muestra la ubicación de canteras y fuentes de agua en el tramo de Cocachacra - Matucana.

#### 3.2.2.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar las características del material y la finalidad de la cantera estudiada, se realizaron ensayos de laboratorio a las muestras representativas extraídas. Es preciso mencionar que a la muestra recogida en la salida de campo no se realizaron todos los ensayos correspondientes para la evaluación de una cantera, sin embargo se mencionará cuales son los ensayos mínimos que se deben realizar a las muestras disturbadas de una cantera.

**CUADRO 3.4**  
**RELACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL ESTUDIO DE**  
**CANTERAS**

<b>Ensayo</b>	<b>Norma ASTM</b>
Análisis granulométrico	D – 422
Límites de consistencia	D – 4318
Equivalente de arena	D – 2419
Durabilidad con sulfato de sodio	C – 88
Partículas chatas y alargadas	D – 4791
Peso unitario de agregados	D – 29
Gravedad específica del agregado	C – 127
Caras Fracturadas	D 5821
Absorción del agregado	C – 128
Abrasión (maquina de los ángeles)	C – 131
Relación de Soporte de California (C.B.R.)	D – 1883
Afinidad del agregado – asfalto (Riedel Weber)	
Impurezas orgánicas	
Humedad	
Modulo de fineza	

A partir de los resultados de los ensayos, se determinó que la Cantera Esperanza, en general, presenta buenas características para su utilización en la fabricación de concreto asfáltico.

### 3.2.2.5 DESCRIPCIÓN DE LA CANTERA PROPUESTA

#### CANTERA ESPERANZA

##### Ubicación

Se ubica en el lecho del río Rímac en la margen izquierda. A la altura de la progresiva 57+500 de la carretera Central, en su lado izquierdo se encuentra el acceso.

##### Accesibilidad

El acceso se realiza a través de una trocha carrozable de 700 m de longitud.

##### Evaluación

Para el proyecto de rehabilitación, esta cantera fue evaluada con la excavación de 10 calicatas de 3.00 metros de profundidad, realizándose una evaluación en peso, considerando una muestra integral, habiéndose obtenido el siguiente resultado:

Diámetro máximo	15" (380mm)	
Material para chancar de 1" a 10"	42.8	%
Agregado grueso de 1" a 3/8"	12.6	%
Agregado fino de 3/8" a N° 100	23.2	%

Los resultados de laboratorio permitieron determinar que el material típico está conformado por grava mal graduada (GP) de forma redondeada, de color gris, presentando un 50% de boleos subredondeados mayor a 2" y con tamaño máximo de 15", 28.6% de grava menor a 2" con 20.6 % de arena y 0.8 % de finos no plásticos.

El material menor de 2" tiene la siguiente distribución:

Grava 57.3 %

Arena 41.1 %

Finos 1.6 %

El material se clasifica como:

Sistema SUCS: Grava mal graduada (GP)

Sistema AASHTO: A-1-a (0)

### Disponibilidad y eficiencia

La cantera estudiada tuvo una sección para explotación de 600 x 50 m y una potencia de 3.0 m, con lo que se tiene un volumen disponible de 91,000 m<sup>3</sup>.

La eficiencia de la cantera se determina de la curva integral cuyo tamaño máximo es el límite de la curva, habiéndose obtenido el siguiente resultado:

<b>Gradación</b>		<b>Eficiencia</b>
Grava de 1" a 3/8"	(25.4 mm < $\phi$ < 9.5 mm)	13 %
Arena menor de 3/8"	( $\phi$ < 9.5 mm)	23 %

La disponibilidad de materiales se calcula relacionando el volumen total disponible con su respectiva eficiencia, obteniéndose lo siguiente:

Grava	11,830 m <sup>3</sup>
Arena	20,930 m <sup>3</sup>
Material para chancar de 1" a 10"	38,948 m <sup>3</sup>

### 3.2.2.6 DISPONIBILIDAD DE USO DE LAS CANTERAS

La cantera estudiada se encuentra dentro de la jurisdicción del Municipio de Matucana y está exonerada del pago de derechos por concepto de extracción de material al ubicarse en el lecho del río Rímac. Cabe señalar que en concordancia con el Decreto Supremo 016-98-AG del 23.07.98, en su artículo 1ro, se exonera el pago de derechos por concepto de extracción de material provenientes de los cauces y/o alveos de los ríos para la ejecución de obras viales del MTC.

Asimismo el Decreto Supremo 012-99-AG del 22.04.99, impide a los Gobiernos Locales que utilizan el material de acarreo para la ejecución de sus obras públicas y/o comercializar dicho material.

De acuerdo a lo anterior, la cantera estudiada:

Cantera "Esperanza"                      km 57+500

es libre para su utilización como zona de extracción en los trabajos de rehabilitación y/o mejoramiento de carreteras.

### 3.2.2.7 PUNTOS DE APROVISIONAMIENTO DE AGUA

El objetivo del estudio de Fuentes de Agua es el de evaluar las características químicas de las muestras de agua tomadas en campo, a fin de ser utilizadas en la rehabilitación y/o mejoramiento de carreteras.

#### 3.2.2.7.1 MUESTRAS ANALIZADAS

Se ha analizado la siguiente muestra de agua:

- a. Km 66+000: Agua de la quebrada Surco al lado derecho.

### 3.2.2.7.2 PARÁMETROS EVALUADOS Y VALORES LÍMITE

De acuerdo al objetivo del uso del agua, se evalúan los siguientes parámetros:

Parámetro	Km 66+000	Valor Límite
Cloruros	106.3	300 ppm (mg/L)
Sulfatos	43.3	300 ppm (mg/L)
Sales Solubles Totales	159.0	1500 ppm (mg/L)
Sólidos en suspensión	19.5	1500 ppm (mg/L)
Materia Orgánica	0.30	10 ppm (mg/L)
Ph	7.56	>7

## **CAPÍTULO IV.- DISEÑO DEL PAVIMENTO**

### **4.1 MÉTODOS DE DISEÑO**

#### **4.1.1 RESEÑA DEL MÉTODO DE DISEÑO AASHTO**

El método de la **American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)**, versión 1993, establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado **Número Estructural**, el cual se calcula en función: a) El tráfico que transcurrirá por la vía, durante un determinado número de años (período de diseño); b) La resistencia del suelo que soportará al pavimento; y, c) Los niveles de serviciabilidad deseados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida de servicio.

Adicionalmente, deben considerarse determinados parámetros estadísticos, que funcionan como factores de seguridad que garantizan que la solución obtenida cumple con un determinado nivel de confianza.

Una vez determinado el **Número Estructural** requerido, la estructuración del pavimento se realiza por tanteos, asignando dimensiones a cada una de las capas consideradas, y, calculando en función a estas dimensiones y a la calidad de los materiales empleados –expresada mediante un coeficiente estructural- los números estructurales parciales, los que sumados deben satisfacer el valor total requerido.

Los espesores de las capas finales deben cumplir con determinados valores mínimos, por razones constructivas, por razones de tráfico y por razones de tipo estructural.

#### **(1) Cálculo del Número Estructural Total Requerido**

Para el cálculo del Número Estructural Total (SN), que debe satisfacer la estructura del pavimento, el método proporciona la siguiente expresión:

$$\log(N_8) = Z_R * S_0 + 9.3 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{G_t}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log M_R - 8.07 \quad \dots \quad (1)$$

Donde,  $G_t = \log\left(\frac{p_i - p_t}{4.2 - 1.5}\right)$

Además,

**N<sub>18</sub>:** Número Total de Ejes Equivalentes, para el período de diseño.

**p<sub>i</sub>:** Serviciabilidad inicial.

**p<sub>t</sub>:** Serviciabilidad final.

**M<sub>R</sub>:** Módulo de Resiliencia de la subrasante.

**Z<sub>r</sub>:** Desviación Standard Normal

**S<sub>0</sub>:** Desviación Standard Total

## (2) Estructuración del Pavimento

Para la estructuración de un pavimento, el método proporciona la siguiente expresión:

$$SN_T = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \quad \dots \quad (2)$$

Donde,

**SN<sub>T</sub>:** Número Estructural Total requerido

**a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>:** coeficientes estructurales de los materiales

**m<sub>2</sub>, m<sub>3</sub>:** coeficiente de drenaje de materiales granulares

**D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>:** espesores asumidos de las capas

Conocido el Número Estructural Total (SN<sub>T</sub>) requerido, que debe satisfacer la estructura total del pavimento, el dimensionamiento se reduce a un problema de tipo aritmético, ya que a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>, m<sub>2</sub> y m<sub>3</sub>, son valores conocidos, y, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> son valores asumidos de tal manera que, efectuadas las operaciones indicadas en la expresión (2), se debe cumplir con la igualdad.

### **(3) Cálculo del refuerzo**

Para el tramo estudiado se tiene el caso de un pavimento a ser rehabilitado, es decir, no se trata del diseño de un pavimento nuevo, en consecuencia la estructuración del pavimento se aplica en forma inversa: se tiene un pavimento que ya tiene una estructura determinada y se quiere saber si dicha estructura cumple con el Número Estructural requerido, de no ser así se debe diseñar un refuerzo.

Para diseñar el refuerzo, correspondiente a los períodos de diseño de 10 y 20 años, en primer lugar se debe determinar la capacidad estructural del pavimento, o, en términos del método AASHTO, se debe encontrar el Número Estructural efectivo del pavimento existente. La diferencia entre el Número Estructural Total requerido (SN req) y el Número Estructural efectivo (SN efect), será el Número Estructural del refuerzo (SN ref).

### **(4) Cálculo del Número Estructural Efectivo del Pavimento**

De acuerdo a la metodología AASHTO, hay tres métodos para calcular el Número Estructural del Pavimento:

Utilizando resultados de ensayos no-destructivos.

Utilizando análisis por componentes.

Estimando la vida remanente del pavimento.

#### **(a) Utilizando resultados de ensayos no-destructivos**

El Número Estructural efectivo del pavimento existente se determina en función del Espesor Equivalente (Heq), determinado del análisis elástico de las curvas de deflexiones medidas, y el coeficiente estructural ponderado del pavimento calculado utilizando los coeficientes estructurales de los materiales

originales constituyentes de las capas, evaluados de acuerdo a los resultados de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio. El espesor equivalente del pavimento existente es el parámetro que cuantifica la capacidad estructural actual del pavimento, de tal manera que, un espesor equivalente menor que el espesor geométrico significa un comportamiento estructural inferior a lo requerido para las condiciones de soporte de la subrasante e interrelación de capas, caso contrario si es espesor equivalente calculado resulta mayor que el geométrico. Este método es similar al recomendado en el manual de diseño del método AASHTO, que relaciona el espesor  $D$  del pavimento con un factor de corrección en función al módulo del pavimento  $E_p$ .

### **(b) Utilizando análisis por componentes**

El Número Estructural efectivo del pavimento se determina analizando la condición de cada una de las capas y materiales que componen la estructura del pavimento, asumiendo de acuerdo a su estado de deterioro o contaminación sus respectivos coeficientes estructurales, para los cuales el método da un determinado rango de variación. La sumatoria de los productos parciales de los espesores de cada capa por su respectivo coeficiente estructural, resulta ser el Número Estructural efectivo del pavimento.

### **(c) Determinando la vida remanente del pavimento**

La vida remanente del pavimento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$RL = 100 \times (1 - (N_p / N_{1.5}))$$

Donde,

- |           |   |  |
|-----------|---|--|
| RL        | : | Porcentaje de vida remanente.                                    |
| $N_p$     | : | Tráfico total transcurrido a la fecha de refuerzo.               |
| $N_{1.5}$ | : | Tráfico total transcurrido al término de vida útil ( $p_t=1.5$ ) |

Con el cálculo de la vida remanente se obtiene un factor de condición CF el cual se determina gráficamente mediante un nomograma proporcionado por el manual de diseño de la AASHTO. Con la finalidad de computarizar los cálculos se ha determinado la siguiente expresión para el cálculo del factor de condición CF:

$$CF = 1 - 0.0018 (100 - RL), \text{ para } 75 < RL < 100$$

Donde,

CF: Factor de condición

RL: Vida remanente, %

El Número Estructural Efectivo del pavimento se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$SN_{\text{efect}} = CF \times SN_0$$

Donde,

$SN_{\text{efect}}$ : Número Estructural efectivo del pavimento.

CF: Factor de condición.

$SN_0$ : Número Estructural del pavimento en el año cero.

De los tres métodos expuestos, es el basado en ensayos no-destructivos el que prioritariamente recomienda el método AASHTO (strongly recommended), ya que la confiabilidad de los otros dos métodos es bastante relativa, fundamentalmente por la exactitud de la información proveniente de campo o por la dificultad de establecer volúmenes reales de tráfico. Los datos de relevamiento de fallas, por ejemplo, casi siempre varían con el tiempo y muchas veces se sobredimensionan a fin de establecer cantidades que coincidan con las que se encuentren al momento de la construcción. Por otro lado, los estados de

deterioro y falla suelen ser sumamente variables a lo largo de un tramo, lo que obligaría a establecer tramificaciones poco prácticas para fines de diseño.

#### **4.1.2 RESEÑA DEL MÉTODO DE DISEÑO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO**

El método del Instituto del Asfalto para el diseño de recapados, versión 1983 (Manual Series N° 17, Asphalt Institute), esta basado en conceptos desarrollados experimentalmente relacionando deformación elástica, tráfico y estado de falla. El criterio básico para el dimensionamiento de la sobre capa de refuerzo, establece que la deformación elástica que experimenta un pavimento por efecto de la aplicación de las cargas de tráfico, no debe exceder ciertos límites. Los valores críticos para las deformaciones elásticas, se han establecido a su vez para garantizar que el pavimento desarrollará un comportamiento adecuado durante un determinado período de servicio. Si las deformaciones elásticas exceden los valores admisibles, será necesario colocar una capa de refuerzo asfáltico a fin de abatir dichas deformaciones por debajo de lo permisible.

##### **(1) Procedimiento de diseño**

El método presenta un procedimiento para la determinación del espesor de recapado, que consistirá de una capa de concreto asfáltico de óptima calidad. Este procedimiento se desarrolla mediante el uso de un nomograma o del programa de cómputo denominado HWY.

En general, el cálculo del pavimento se realiza en función de un tráfico de diseño en Número de Ejes Equivalentes (EAL) y la Deflexión Elástica Representativa (RRD) del pavimento.

## (2) Determinación del Espesor de Recapado

El Método establece el siguiente procedimiento:

- (a) Determinación de la Deflexión Elástica Representativa (RRD), en mm, en función a las deflexiones máximas corregidas por temperatura y estacionalidad, calculada mediante la siguiente expresión:

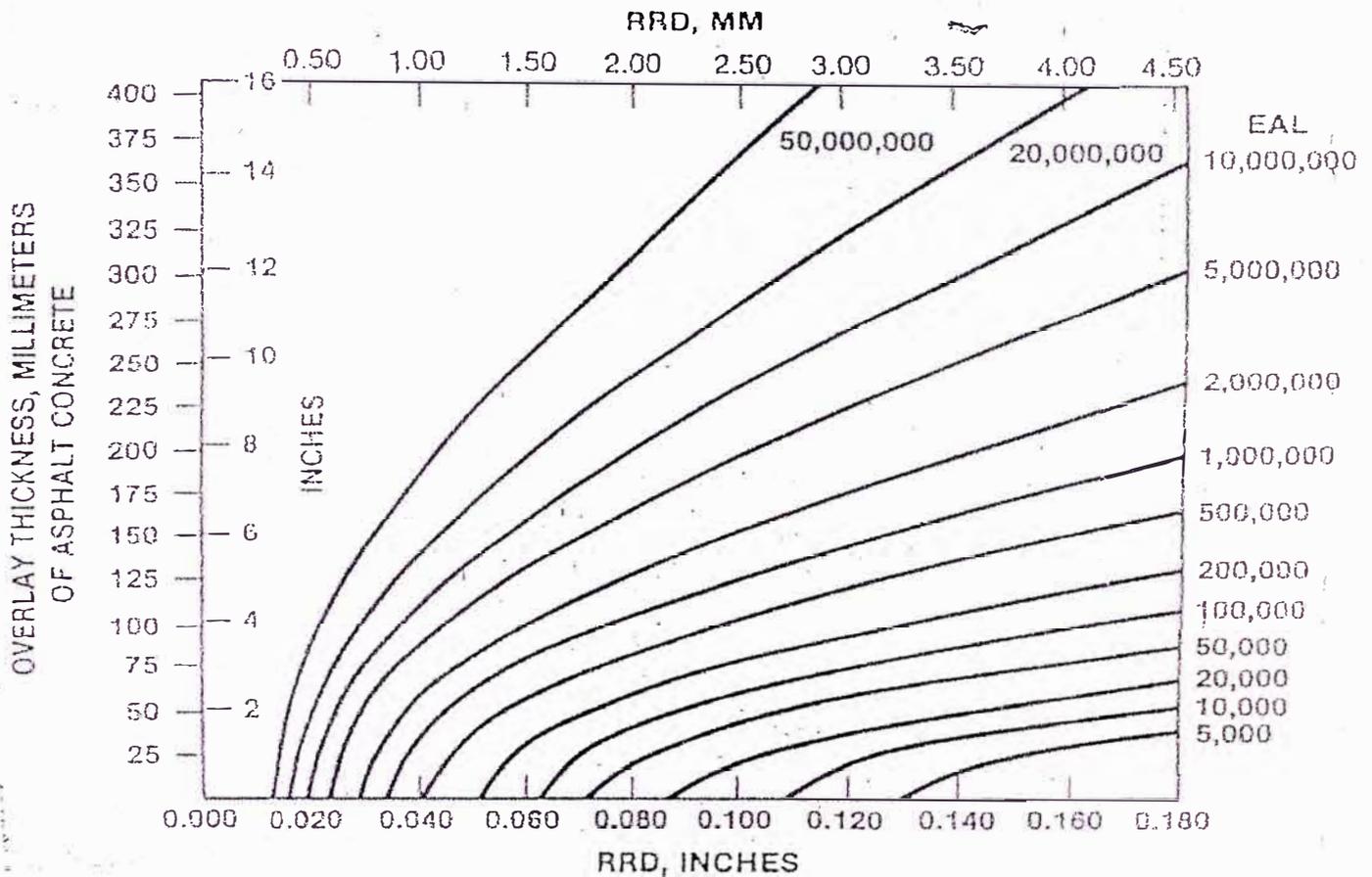
$$RRD = (x_p + 2s) c$$

Donde,

- $x_p$  : Deflexión promedio corregida por temperatura  
 $s$  : Desviación standard  
 $c$  : Factor estacional

- (b) Estimación del Número de Ejes Equivalentes para diseño (EAL), que el pavimento soportará en el futuro, después de recapado.

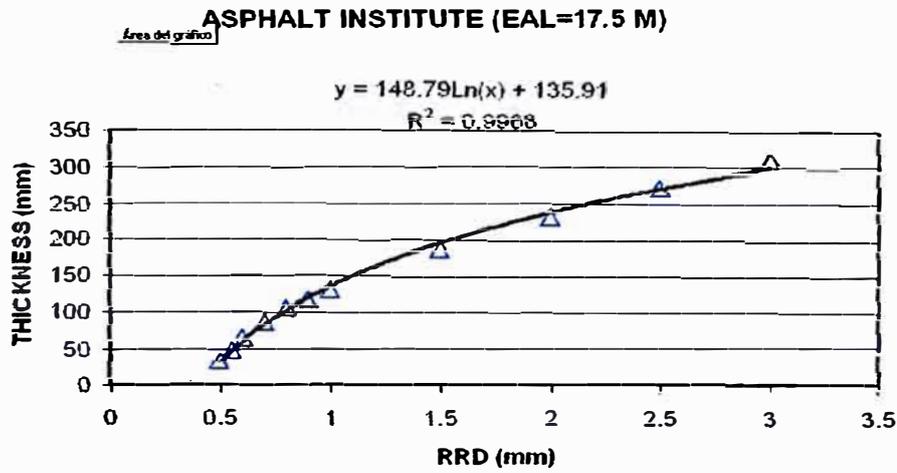
- (c) Empleando el nomograma de diseño mostrado en la Figura 4.1, se determina el espesor de recapado o refuerzo requerido.



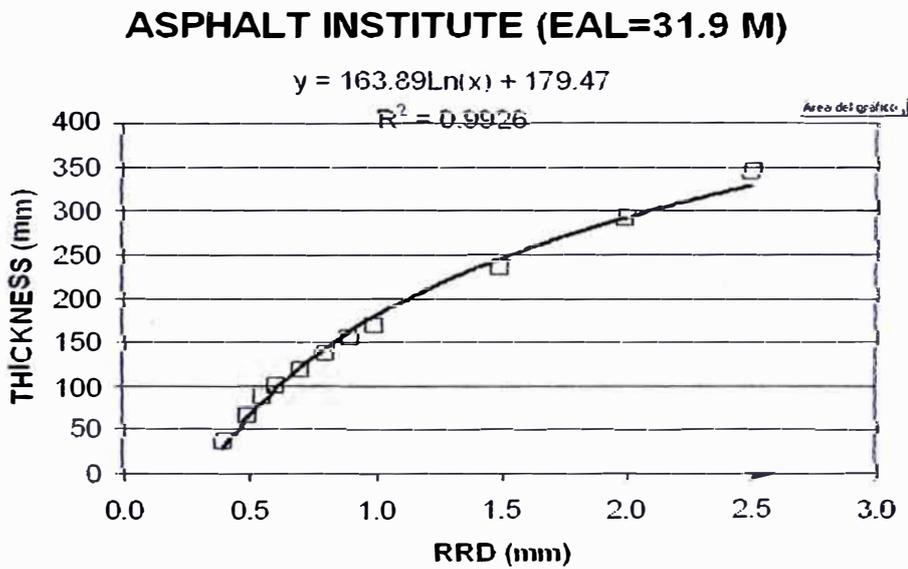
**FIGURA 4.1**

Para los fines de cálculo del pavimento del tramo estudiado, se ha procedido a establecer ecuaciones de correlación empleando los resultados obtenidos mediante el método gráfico, para un tráfico dado (ver Figuras 4.2 y 4.3)

**FIGURA 4.2**



**FIGURA 4.3**



Las expresiones utilizadas para los tráficos calculados para 10 y 20 años, son:

Para EAL= 17.5 millones de Ejes Equivalentes (10 años):

$$T = 148.79 \times \ln RRD + 135.91$$

$$R^2 = 0.9968$$

Para EAL= 41.9 millones de Ejes Equivalentes (20 años):

$$T = 163.89 \times \ln RRD + 179.47$$

$$R^2 = 0.9926$$

Donde,

T : espesor de recapado asfáltico, en mm

RRD : deflexión elástica representativa, en mm

$R^2$  : coeficiente de determinación

El coeficiente de determinación  $R^2$  es un parámetro estadístico que refleja la bondad de la expresión matemática, para reflejar el grado de correlación que existe entre las variables, siendo el valor 1 el índice de la perfección matemática. El valor  $R^2$  no se emplea en ningún cálculo para el diseño del pavimento.

## 4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

### 4.2.1 TRÁFICO DE DISEÑO

De acuerdo al estudio de tráfico realizado para el tramo Cocachacra - Tornamesa, el número total de ejes equivalentes a 18 kips, considerando el carril más cargado de la carretera y tránsito sin control de cargas, es:

Período 2008-2017 (10 años): 17'506,573 ejes equivalentes

Período 2008-2027 (20 años): 41'858,497 ejes equivalentes

Estos tráficos han sido calculados siguiendo la metodología AASHTO, para un  $pt = 2.5$

#### 4.2.2 SOPORTE DEL SUELO PARA DISEÑO

De acuerdo al método AASHTO, para caracterizar la capacidad de soporte del suelo se emplea el Módulo Elástico o Módulo Resiliente ( $M_R$ ).

El cálculo de los módulos resilientes del suelo de subrasante se ha realizado mediante el uso de los resultados de los ensayos de CBR de laboratorio con la densidad in situ para cada una de las secciones en estudio.

En el caso de los CBR de laboratorio, para definir el CBR de diseño, se comparó durante la ejecución del ensayo los valores de penetración a 2.5 y 5 mm, de acuerdo a lo indicado en la norma ASTM D1883-94 (AASHTO T163)

Para correlacionar los valores del módulo resiliente con los valores de CBR se utilizan las siguientes expresiones:

Para suelos finos con  $CBR < 7.2\%$ ,  $M_R = 1500 \times CBR$  ... (1)

Para suelos finos con  $7.2 < CBR < 20\%$ ,  $M_R = 3000 CBR^{0.65}$  ... (2)

Para suelos granulares,  $M_R = 4326 \ln CBR + 241$  ... (3)

Estas formulaciones se han tomado de la Publicación N° FHWA-PL-98-029. Caminos, Segundo Trimestre 1998, I.P.C.

Los resultados del módulo resiliente calculados usando los valores de CBR de laboratorio, determinados a la densidad de campo, se presentan en el Cuadro A3.1.2

De acuerdo a la metodología AASTHO se ha considerado el percentil de los valores de  $M_r$  para efectos de diseño.

### 4.2.3 FACTORES HIDROMETEREOLÓGICOS

Para determinar como afectan los factores hidrometeorológicos de la zona en el diseño de pavimento, se ha analizado la altitud, precipitación y temperaturas en el tramo en estudio.

Este tramo se encuentra comprendido entre los 1,401 y 1,522 msnm y presenta las siguientes características:

#### a) Control Pluviométrico

La precipitación pluvial total anual fluctúa entre 125 y 255 mm cuando alcanza altitudes hasta de 1900 m. La información pluviométrica de precipitaciones mensuales se encuentra registrada en los archivos del SENAMHI, EDEGEL y SEDAPAL para diversas estaciones meteorológicas que se ubican en la cuenca del Río Rímac y que influyen en la zona de estudio.

#### b) Control de Temperaturas

El clima de la zona es semicálido - árido a templado cálido - semiárido, con una temperatura media anual que varía entre 19 y 20°C cuando alcanza altitudes hasta de 1900 m.

De la información obtenida se concluye que no existe riesgo de congelamiento en el pavimento debido a que la temperatura mínima absoluta anual no desciende por debajo de los 0°C. Por otro lado, las condiciones estacionales no afectan el comportamiento del suelo de fundación, por lo que para el caso de la metodología del Instituto del Asfalto el factor por estacionalidad se considera igual a 1, ya que, además, los ensayos deflectométricos se realizaron al final de la temporada de lluvias.

#### **4.2.4 CALIDAD DE LOS MATERIALES A EMPLEARSE**

Para el diseño del pavimento, se consideró el uso de los siguientes materiales:

Concreto asfáltico, con un coeficiente estructural igual a 0.44/pulgada

Base granular, con un coeficiente estructural igual a 0.14/pulgada, un coeficiente de drenaje de 0.9 y un Módulo Resiliente igual a 30 ksi.

Sub-base granular, con un coeficiente estructural igual a 0.11/pulgada, un coeficiente de drenaje de 0.9 y un Módulo Resiliente de 15 ksi.

El coeficiente de drenaje de 0.9 adoptado corresponde a una calidad de drenaje regular expuesto a niveles de humedad que se aproximan a una humedad que varía entre 5 a 25% del nivel de saturación.

En el caso de los materiales existentes, los coeficientes de aporte estructural han sido asumidos en base a las condiciones verificadas in-situ durante el estudio de suelos. En los cuadros correspondientes se indican los valores adoptados.

### **4.3 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO AASHTO**

#### **4.3.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL MÉTODO**

El método AASHTO contempla el uso de ciertos parámetros relacionados con la confiabilidad del diseño y la serviciabilidad inicial y final del pavimento, para los cuales es necesario fijar valores.

De acuerdo a las características e importancia de la vía, por tratarse de una carretera troncal, se adoptará de acuerdo a las recomendaciones de la AASHTO, los siguientes valores:

Nivel de Confiabilidad ( $F_R$ )	95%
Standard Normal Deviate ( $Z_R$ )	-1.645
Standard Deviation ( $S_o$ )	0.45
Serviciabilidad inicial ( $p_i$ )	4.0
Serviciabilidad final ( $p_f$ )	2.5

Los valores de serviciabilidad inicial y final adoptados están en función a las características particulares de la realidad peruana y a la importancia de la vía. Para la serviciabilidad inicial, se ha tomado un valor igual a 4.0 considerando la capacidad real de las empresas contratistas para lograr el acabado necesario de la carpeta asfáltica, por un lado, y para adecuarse a los requerimientos de rugosidad que se indican en los términos de referencia de los proyectos. En cuanto, a la serviciabilidad final, se ha sido considerado un valor igual a 2.5 de acuerdo a las recomendaciones de la AASHTO para vías de importancia como es el caso de la Carretera Central.

#### **4.3.2 CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL TOTAL REQUERIDO ( $SN_{req}$ )**

Los resultados del Número Estructural Total requerido ( $SN_{req}$ ) se presentan en la hoja de cálculo empleada para este informe, la misma que se adjunta al presente capítulo. Para el cálculo del número estructural se ha utilizado el módulo resiliente evaluado mediante el CBR de laboratorio. Se incluye además, de acuerdo a la metodología AASHTO, el Número Estructural requerido para cada una de las capas del pavimento.

#### **4.3.3 CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO DEL PAVIMENTO ( $SN_{efect}$ )**

Los resultados del Número Estructural efectivo del pavimento existente se presentan en el Cuadro A3.1.3, para este cálculo se ha utilizado los coeficientes estructurales efectivos. Según esta metodología, se ha estimado los coeficientes estructurales de los materiales, en función al estado de deterioro y/o contaminación, empleando los criterios que da la AASHTO para tal fin, para

luego multiplicar cada espesor de capa por su respectivo coeficiente, sumando luego los productos para encontrar finalmente el Número Estructural Efectivo del pavimento. Se debe tener en cuenta las limitaciones de esta metodología en cuanto a que no considera la interacción entre las capas, aspecto fundamental para evaluar el comportamiento de la estructura.

#### **4.3.4 CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL DEL REFUERZO ( $SN_{ref}$ )**

El Número Estructural del refuerzo requerido es la diferencia entre el Número Estructural Total Requerido ( $SN_{req}$ ) y el Número Estructural Efectivo ( $SN_{efect}$ ). Los resultados de dicha diferencia se presentan en el Cuadro A3.1.4, para el diseño del refuerzo a 10años y en el Cuadro A3.2.4 para el diseño a 20años usando  $M_R$ -CBR.

### **4.4 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO DE RECAPADOS DEL INSTITUTO DEL ASFALTO**

#### **4.4.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO DEL MÉTODO**

Los parámetros de diseño son el Número Total de Ejes equivalentes a 18 kips y la Deflexión Elástica Representativa del pavimento. El número de ejes empleado es similar al considerado para la aplicación del método AASHTO.

Para el cálculo de la deflexión representativa se ha considerado el promedio de los valores de deflexión máxima, correspondiente a las “curvas de deflexión” medidas a lo largo del tramo, corregidos por temperatura y considerando un factor estacional igual a la unidad, obteniendo finalmente una deflexión representativa para cada sección homogénea en que se dividió el tramo.

Los valores calculados se presentan en el Cuadro A3.1.5, para el cálculo del diseño a 10 años, y en el Cuadro A3.2.5, para el cálculo del diseño a 20 años.

#### **4.4.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE RECAPADO**

Para facilidad del cálculo de los espesores, se ha elaborado una hoja electrónica, considerando las limitaciones que conllevan los métodos gráficos, y se ha establecido una ecuación de correlación para el cálculo del espesor de refuerzo, para cada período de diseño analizado.

De acuerdo al diseño del pavimento se concluye que según los cálculos efectuados, la estructura actual requiere un refuerzo asfáltico de espesor máximo igual a 6.9 cm, para un período de 10 años, y un espesor máximo igual 10.6 cm, para un período de 20 años.

## CONCLUSIONES

- ✓ Con la elaboración de este Informe de Suficiencia se concluye que el mejoramiento de un pavimento flexible (superficie de concreto asfáltico) es una labor multidisciplinaria, que debe tener presente un grupo completo de procedimientos, los cuales deben ser usados en el diseño y rehabilitación de los mismos, tanto para carreteras de alto como bajo volumen de tránsito.
- ✓ En este tramo no se tocaron taludes, por tratarse de un estudio esencialmente de rehabilitación en el que no se ha considerado movimiento de tierras. No se hizo cortes masivos con equipo mecánico ni voladuras, por lo que no fue necesario hacer clasificaciones sectorizadas de rocas ni estudios especiales para este efecto.
- ✓ Los trabajos realizados para la determinación de las características de los materiales y estructuración del pavimento existente, consistieron en la excavación de calicatas y ensayos en laboratorio de muestras representativas.
- ✓ Estos trabajos permitieron definir que la estructura de pavimento está formada por una carpeta asfáltica de 20 cm de espesor, debido a los recapeos realizados en rehabilitaciones anteriores; la base granular es de 20 cm de espesor para el tramo en estudio. La sub-base solo se detectó en sitios aislados por lo que no se considera como parte de la estructura representativa del pavimento existente.
- ✓ En general los suelos que integran el pavimento y sub-rasante están formados por material granular, gravas limosas y arcillosas de baja plasticidad, encontrándose en zonas aisladas arenas con finos de baja plasticidad.

- ✓ En el caso de la subrasante, esta capa resulta formada por materiales de buena calidad y en el caso de la base resulta de también de buena calidad.
- ✓ La subrasante registra grados de compactación bajos en algunos sitios, (93% en promedio), con CBR entre 22 y 49%, (a densidad de campo), por lo que se considera que la subrasante tiene buena capacidad de soporte.
- ✓ De acuerdo a lo anterior se concluye que el pavimento del tramo estudiado está formado por materiales granulares de buena calidad (base), apoyado sobre una subrasante granular de buena calidad. La carpeta asfáltica existente (20 cm) se encuentra en buen estado de funcionamiento.
- ✓ Cabe señalar que el tramo en estudio se encuentra comprendido entre los 1,401 y 1,522 msnm. Su clima es templado, con una temperatura media anual de 16°C y una precipitación total anual de 300 mm. La probabilidad de congelamiento del suelo es nula, debido a que la temperatura mínima absoluta anual no desciende por debajo de los 0°C.
- ✓ Los materiales naturales necesitan ser tratados mediante zarandeo y trituración, a fin de alcanzar los requerimientos granulométricos y de resistencia deseados para los usos proyectados.
- ✓ De las diversas canteras evaluadas se concluye que la cantera Esperanza, por sus características físicas y de volumen, es la más recomendable para su empleo en concreto hidráulico, asfáltico y para la formación de base granular, cubriendo las especificaciones de calidad, requiriéndose trituración y zarandeo.
- ✓ De acuerdo al balance de materiales de esta cantera, se determina que el volumen de la cantera Esperanza es suficiente para las obras de rehabilitación y/o mejoramiento de la carretera,

- considerándose un factor de seguridad de 1.5 en el volumen disponible, requiriéndose además de la instalación de una chancadora terciaria para producción de arena chancada.
- ✓ La cantera estudiada se ubica en el lecho del río Rímac, por lo que es libre para utilizarse en las obras de rehabilitación y/o mejoramiento de la Carretera Central, encontrándose exonerada del pago de derechos por concepto de extracción de material, en concordancia con el Decreto Supremo 016-98-AG del 23.07.98 y el 012-99-AG del 22.04.99.
  - ✓ Las características de la muestra de agua estudiada presentan valores dentro del rango establecido por lo que no hay inconveniente para su utilización en la rehabilitación de la vía.
  - ✓ En los sectores severamente dañados donde se presentan fallas tipo piel de cocodrilo grado severo, ahuellamiento, en un porcentaje mayor al 30% del área no se ejecutará fresado. En estos sectores se reemplazará la carpeta asfáltica existente y base granular, reponiéndola con una base granular de 30 cm y una carpeta asfáltica de mezcla asfáltica en caliente de 10 cm, sobre la que se colocará una capa de rodadura de mezcla asfáltica en caliente con un espesor de diseño de 7.5 cm.
  - ✓ En las zonas donde se presentan fisuras leves a moderadas en una extensión mayor a 30% del área, se eliminará, la carpeta asfáltica existente, reemplazándola por una carpeta de mezcla asfáltica en caliente de 12.5 cm de espesor, para alcanzar el nivel de rasante actual, se agregará antes de colocar la carpeta, material de base granular en el volumen que sea necesario. Finalmente se colocará una capa de rodadura de mezcla asfáltica en caliente de 7.5 cm de espesor.
  - ✓ Los materiales asfálticos del fresado deben ser eliminados a botaderos en un lapso no mayor a 24 horas.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda no explotar el material de préstamo y agregado en los taludes próximos a la carretera.
- ✓ Asimismo, se recomienda reubicar a los lavaderos de carros que se encuentran sobre los terraplenes inestables.
- ✓ Aplicar un plan de monitoreo en las quebradas en las que se producen huaycos en épocas de lluvia, a fin de controlar la caída de sedimentos y el impacto que éstos producirían sobre la carretera.
- ✓ Colocar una capa nivelante sobre la superficie fresada en un lapso no mayor de 48 horas, luego de concluido el fresado, a fin de no disturbar excesivamente la capa asfáltica tratada.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ❖ **Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos.**
- ❖ **Instituto del Asfalto. Manual Series N° 1 (MS – 1) – 1991.**
- ❖ **Consortio PCI – CESEL. Estudio de Rehabilitación de la Carretera Héroes de la Breña. Puente Ricardo Palma - La Oroya. Tramo 2: Cocachacra – Matucana. Perú. 2,000**
- ❖ **Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos. Perú. 1,998**
- ❖ **Ing. José Wilfredo Gutiérrez Lázares. Libro de Apuntes de Clase “Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transporte”. Perú. 2,002**
- ❖ **Ing. Gustavo Llerena Cano. Libro de Apuntes de Clase “Camino II”. Perú. 2,002**

## ANEXOS

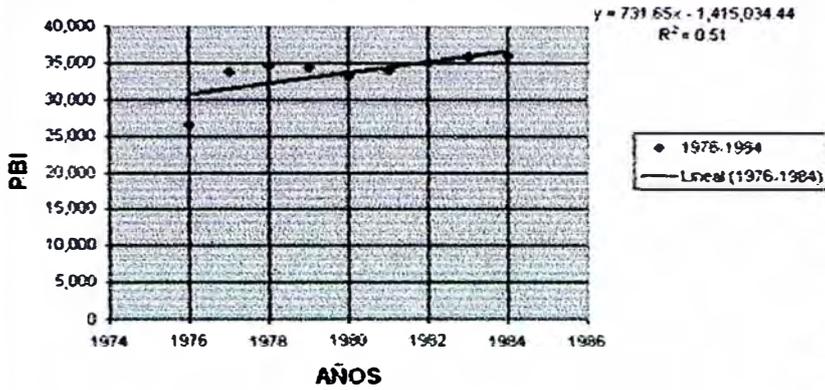
# **ANEXOS**

## **ESTUDIO DE TRÁFICO**

**GRÁFICA N° AA1**

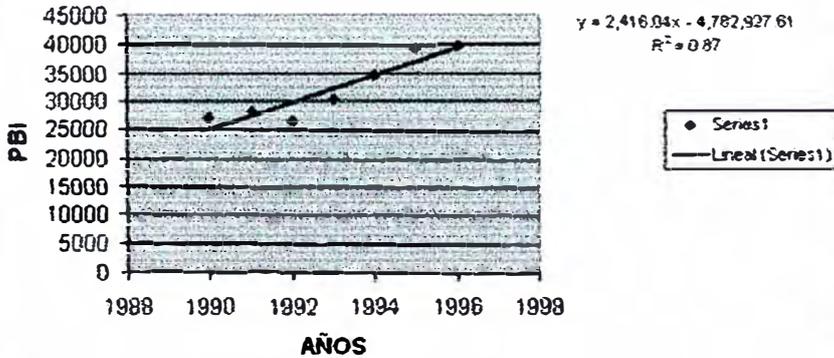
**HUANCAVELICA**

**AÑOS 1976 - 1984**



PBI = 731.65 * AÑO - 1415034.44			
Item	Año	PBI	
1	1976	30.705,96	
2	1977	31.437,61	
3	1978	32.169,26	
4	1979	32.900,91	
5	1980	33.632,56	
6	1981	34.364,21	
7	1982	35.095,86	
8	1983	35.827,51	
9	1984	36.559,16	
Tasa de crecimiento =			2,12%

**AÑOS 1990 - 1996**



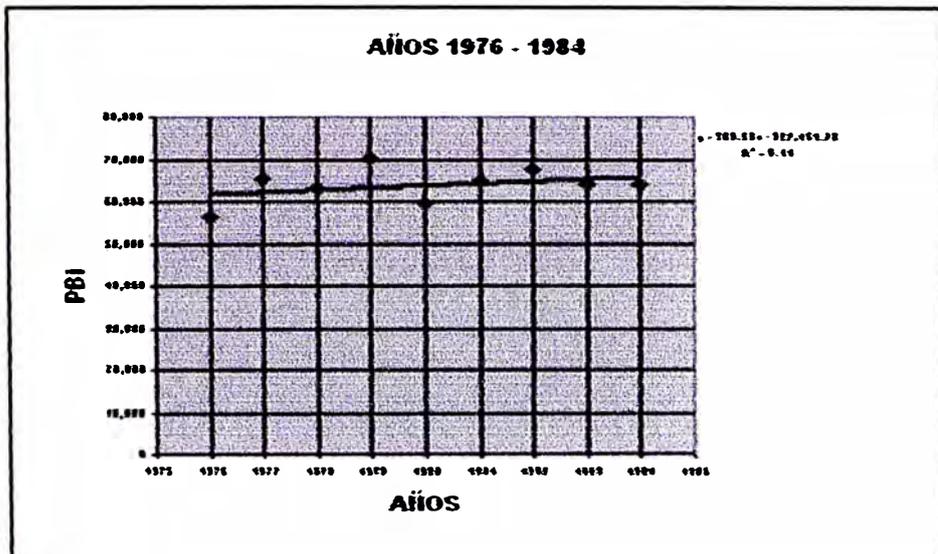
PBI = 2416.04 * AÑO - 4782927.61			
Item	Año	PBI	
1	1990	24.991,99	
2	1991	27.408,03	
3	1992	29.824,07	
4	1993	32.240,11	
5	1994	34.656,15	
6	1995	37.072,19	
7	1996	39.488,23	
Tasa de crecimiento =			8,29%

Fuente: INEI

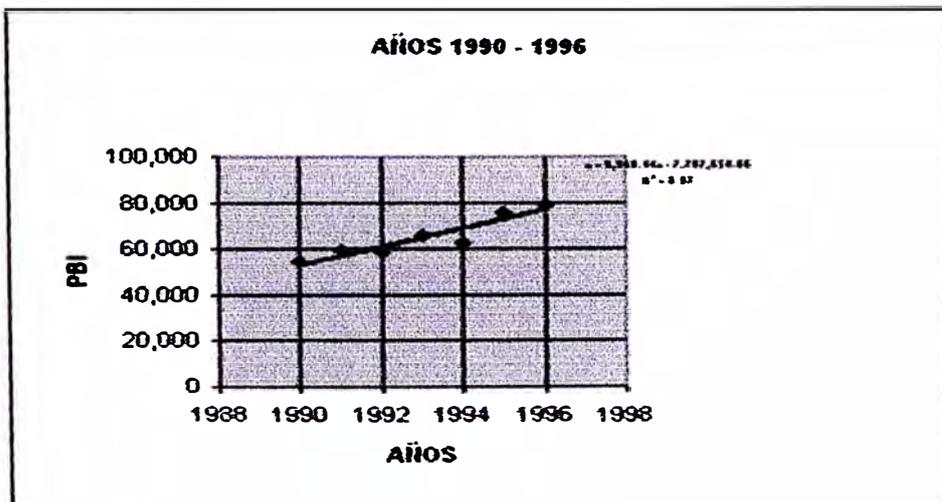
Elaboración: Propia

## GRÁFICA N° AA2

### HUÁNUCO



PBI = 500.68 * AÑO - 927461.78			
Item	Año	PBI	
1	1976	61.881,90	
2	1977	62.382,58	
3	1978	62.883,26	
4	1979	63.383,94	
5	1980	63.884,62	
6	1981	64.385,30	
7	1982	64.885,98	
8	1983	65.386,66	
9	1984	65.887,34	
Tasa de crecimiento =			0,72%



PBI = 3940.14 * AÑO - 7787654.86			
Item	Año	PBI	
1	1990	53.223,74	
2	1991	57.163,88	
3	1992	61.104,02	
4	1993	65.044,16	
5	1994	68.984,30	
6	1995	72.924,44	
7	1996	76.864,58	
Tasa de crecimiento =			6,35%

Fuente: INEI

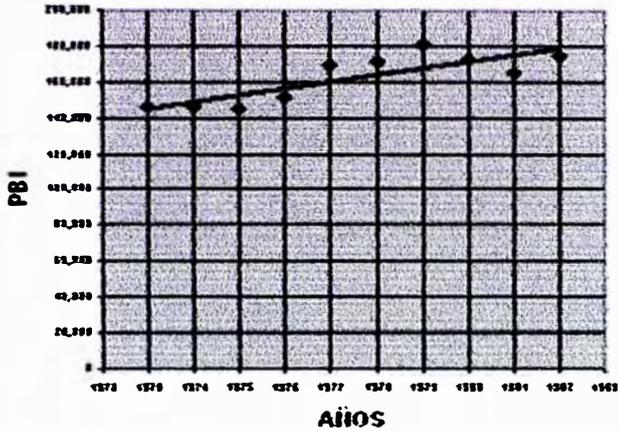
Elaboración: Propia

**GRÁFICA N° AA3**

**JUNÍN**

**AÑOS 1973 - 1982**

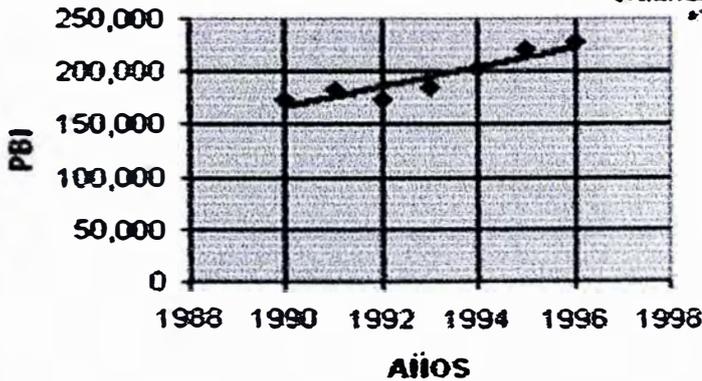
$y = 3739.28 \cdot x - 7232157.79$   
 $R^2 = 0.99$



PBI = 3739.28 * AÑO - 7232157.79			
Item	Año	PBI	
1	1973	145.441,65	
2	1974	149.180,93	
3	1975	152.920,21	
4	1976	156.659,49	
5	1977	160.398,77	
6	1978	164.138,05	
7	1979	167.877,33	
8	1980	171.616,61	
9	1981	175.355,89	
10	1982	179.095,17	
Tasa de crecimiento =			2,31%

**AÑOS 1990 - 1996**

$y = 9407.18 \cdot x - 18553326.04$   
 $R^2 = 0.99$



PBI = 9407.18 * AÑO - 18553326.04			
Item	Año	PBI	
1	1990	166.962,16	
2	1991	176.369,34	
3	1992	185.776,52	
4	1993	195.183,70	
5	1994	204.590,88	
6	1995	213.998,06	
7	1996	223.405,24	
Tasa de crecimiento =			4,83%

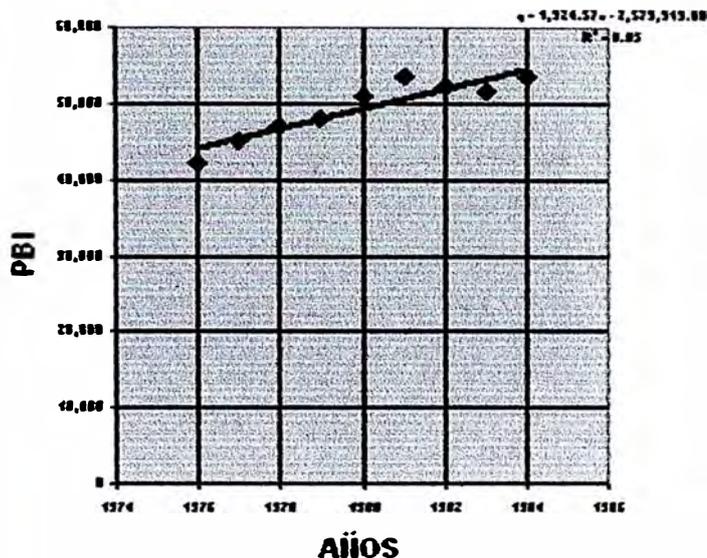
Fuente: INEI

Elaboración: Propia

### GRÁFICA N° AA4

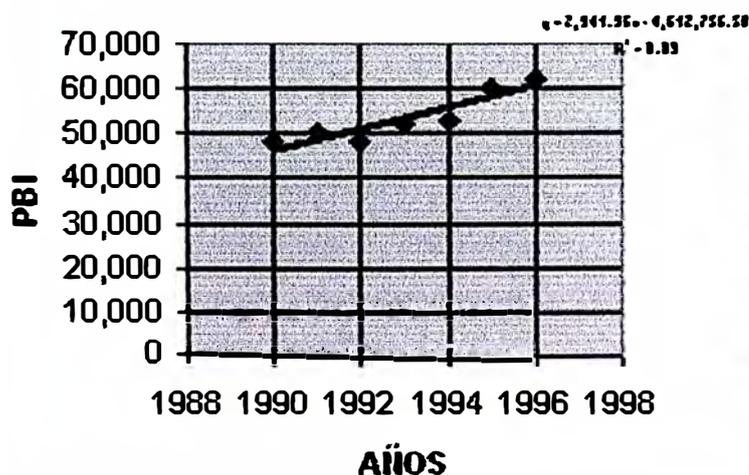
#### PASCO

#### AÑOS 1976 - 1984



PBI = 1324.57 * AÑO - 2573313			
Item	Año	PBI	
1	1976	44.037,32	
2	1977	45.361,89	
3	1978	46.686,46	
4	1979	48.011,03	
5	1980	49.335,60	
6	1981	50.660,17	
7	1982	51.984,74	
8	1983	53.309,31	
9	1984	54.633,88	
Tasa de crecimiento =			2,67%

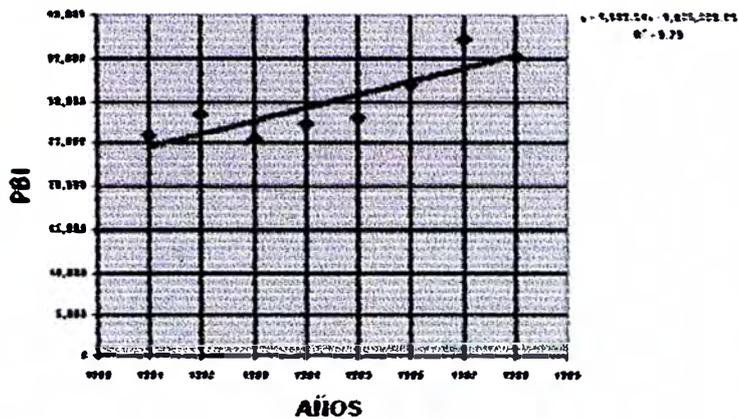
#### AÑOS 1990 - 1996



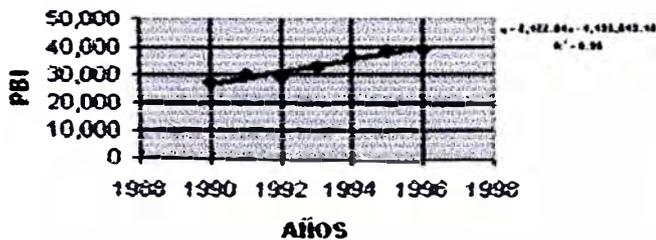
PBI = 2341.36 * AÑO - 4612756.5			
Item	Año	PBI	
1	1990	46.549,90	
2	1991	48.891,26	
3	1992	51.232,62	
4	1993	53.573,98	
5	1994	55.915,34	
6	1995	58.256,70	
7	1996	60.598,06	
Tasa de crecimiento =			4,31%

Fuente: INEI

Elaboración: Propia

**GRÁFICA N° AA5****UCAYALI****AÑOS 1981 - 1988**

PBI = 1539.54 * AÑO - 3025223.75			
Item	Año	PBI	
1	1976	16.907,29	
2	1977	18.446,83	
3	1978	19.986,37	
4	1979	21.525,91	
5	1980	23.065,45	
6	1981	24.604,99	
7	1982	26.144,53	
8	1983	27.684,07	
9	1984	29.223,61	
10	1985	30.763,15	
11	1986	32.302,69	
12	1987	33.842,23	
13	1988	35.381,77	
Tasa de crecimiento =			5,47%

**AÑOS 1990 - 1996**

PBI = 2122.04 * AÑO - 4195849.18			
Item	Año	PBI	
1	1990	27.010,42	
2	1991	29.132,46	
3	1992	31.254,50	
4	1993	33.376,54	
5	1994	35.498,58	
6	1995	37.620,62	
7	1996	39.742,66	
Tasa de crecimiento =			6,73%

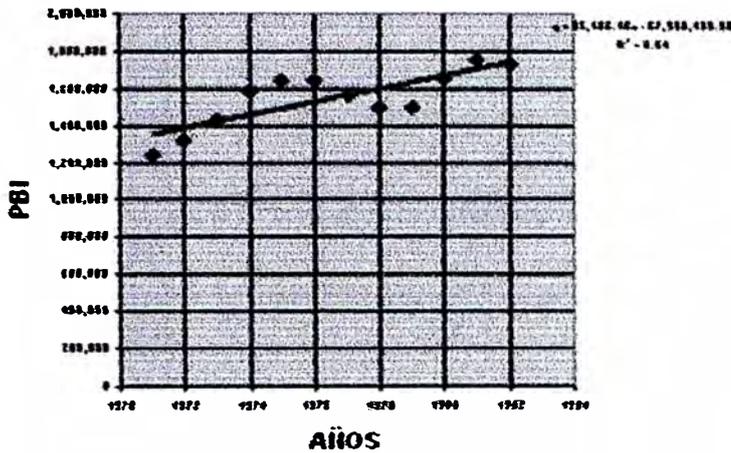
Fuente: INEI

Elaboración: Propia

**GRÁFICA N° AA6**

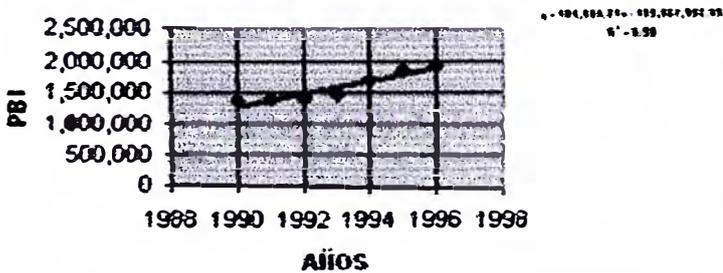
**LIMA Y CALLAO**

**AÑOS 1971 - 1982**



PBI = 35186.16 * AÑO - 67998133.9			
Item	Año	PBI	
1	1971	1.353.787,46	
2	1972	1.388.973,62	
3	1973	1.424.159,78	
4	1974	1.459.345,94	
5	1975	1.494.532,10	
6	1976	1.529.718,26	
7	1977	1.564.904,42	
8	1978	1.600.090,58	
9	1979	1.635.276,74	
10	1980	1.670.462,90	
11	1981	1.705.649,06	
12	1982	1.740.835,22	
13	1983	1.776.021,38	
14	1984	1.811.207,54	
Tasa de crecimiento =			2,04%

**AÑOS 1990 - 1996**



PBI = 101084.21 * AÑO - 199867332.93			
Item	Año	PBI	
1	1990	1.290.244,97	
2	1991	1.391.329,18	
3	1992	1.492.413,39	
4	1993	1.593.497,60	
5	1994	1.694.581,81	
6	1995	1.795.666,02	
7	1996	1.896.750,23	
Tasa de crecimiento =			6,72%

Fuente: INEI

Elaboración: Propia

Cuadro N° A1.1  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Fecha: Jueves 4-5-2000  
 Dirección : Matucana - Cocachacra

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Traylers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	6	4		1	2		10	19	13	2	1	2		3					63	4%
1-2	4				2		25	9	10		1	2		4			1	2	60	3%
2-3	5	2			6	2	16	3	5	3		4		7					53	3%
3-4	1	1	1		20	12	15	5	5			4	3	9					76	4%
4-5		3	3		30	18	8	5	6	2	1	4		17					97	6%
5-6	4	1	1	2	17	8	14	6	10	2	2	9	1	12			1	4	94	5%
6-7	5	4	3	5		1	8	5	10	1	2	5		4					53	3%
7-8	9	1	7	6	1		7	7	12	1	1	7	4	6			2		71	4%
8-9	13	5	2	6			3	6	2		1	4	1	5				1	49	3%
9-10	9	9	6	3			9	3	4				1	10					54	3%
10-11	11	7	5	6	1		10	8	1			3		7			2	1	62	4%
11-12	14	5	6	3	3		2	12	2			1	1	3					52	3%
12-13	10	5	5	3	3	1	4	9	3			4	1	5					53	3%
13-14	10	12	4	3	5	1	5	3	7	1		2	1	7			1		62	4%
14-15	29	14	3	4	6	3	12	7	6	3			1	5					93	5%
15-16	31	11	5	4	7	1	13	7	8			1	2	3	1		1		95	5%
16-17	25	11	8	4	8	3	15	5	8	1		1	2				1		92	5%
17-18	19	16	5	9	4	3	6	3	9		1		5	4					84	5%
18-19	32	18	4	5	4	4	10	4	15	1		2		6			1		106	6%
19-20	21	25	5	4	3	3	15	14	17			4	1	5				1	118	7%
20-21	19	9		3	3	3	4	6	10			4		2			1		64	4%
21-22	8	10			2		5	9	7	1		2		3					47	3%
22-23	21	4			2		14	17	13	1	1	6		7			1		87	5%
23-24	8	6			1		12	10	11	1	1	1		2					53	3%
Total	314	183	73	71	130	63	242	182	194	20	12	72	24	136	1		12	9	1738	100%
%	18%	11%	4%	4%	7%	4%	14%	10%	11%	1%	1%	4%	1%	8%	0%		1%	1%	100%	

Fuente y elaboración : Cesel

Cuadro N° A1.2  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Fecha: Jueves 4-5-2000

Dirección: Cocachacra - Matucana

Hora	Vehículos Ilgeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Traylers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	6	1	1		11	8	2	8	4	1		1		1					44	3%
1-2	6	2		1	2	4	4		5				1	1					26	1%
2-3	4					1	5	4	1		1		3	3					22	1%
3-4	7						3	5	4	1	2	2	1	3				1	29	2%
4-5	11	3					1	8	7	1	1	5	1	7					45	3%
5-6	13	10					2	4	7		1	3	3	4				3	50	3%
6-7	20	15	3	2			1	3	8	1	1	3	3			2	1	63	4%	
7-8	23	23	6	10		1	2	5	6		1	2	4	4		1		88	5%	
8-9	30	12	8	4	2		3	5	9		1	2		4		2		82	5%	
9-10	18	10	5	4	9	3	3	1	2		1	2	3	2				63	4%	
10-11	20	15	2	6	6	3	3	3	1		2		3	3	1			68	4%	
11-12	15	19	4	4	8	3	3	11	7	1	3	3	1	12		1		95	5%	
12-13	7	4	4	3	3	2	11	10	3		1	4	6	12				70	4%	
13-14	14	7	3	6	4	4	8	8	4	1	2	3	3	4			2	73	4%	
14-15	11	12	6	4	4	2	16	7	8			4	3	8	1		1	87	5%	
15-16	19	10	7	4	3	1	11	12	11		2	3	1	6			1	91	5%	
16-17	10	10	5	5	3	1	16	12	9	1	1	2	5	5		1	1	87	5%	
17-18	12	9	4	5	3		9	12	10	2	3	6	1	6			1	84	5%	
18-19	12	4	5	2	11		22	12	17	3	2	7	2	19				119	7%	
19-20	12	4	2	3	3	1	12	16	20	1	5	8	3	7		1	3	101	6%	
20-21	2	4	2	2	7	2	12	15	11		4	3		6				70	4%	
21-22	4	2	1	3	9	1	15	13	16	4		7	2	6	1			85	5%	
22-23	7	1	1	1	18	9	7	17	16	2	2	4	4	4				94	5%	
23-24	6	5		1	19	15	16	10	18	3	4	3	2	6				110	6%	
Total	289	182	69	70	125	61	187	201	204	22	40	77	52	136	3	1	12	15	1746	100%
%	17%	10%	4%	4%	7%	3%	11%	12%	12%	1%	2%	4%	3%	8%	0%	0%	1%	1%	100%	

Fuente y elaboración: Cesel

Cuadro N° A1.3  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Fecha: Jueves 4-5-2000

Dirección : Ambas

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Traylers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	12	5	1	1	13	8	12	27	17	3	1	3		4					107	3%
1-2	10	2		1	4	4	29	9	15		1	2	1	5			1	2	86	2%
2-3	9	2			6	3	21	7	6	3	1	4	3	10					75	2%
3-4	8	1	1		20	12	18	10	9	1	2	6	4	12				1	105	3%
4-5	11	6	3		30	18	9	13	13	3	2	9	1	24					142	4%
5-6	17	11	1	2	17	8	16	10	17	2	3	12	4	16			1	7	144	4%
6-7	25	19	6	7		1	9	8	18	2	3	8		7			2	1	116	3%
7-8	32	24	13	16	1	1	9	12	18	1	2	9	8	10			3		159	5%
8-9	43	17	10	10	2		6	11	11		2	6	1	9			2	1	131	4%
9-10	27	19	11	7	9	3	12	4	6		1	2	4	12					117	3%
10-11	31	22	7	12	7	3	13	11	2		2	3	3	10	1		2	1	130	4%
11-12	29	24	10	7	11	3	5	23	9	1	3	4	2	15			1		147	4%
12-13	17	9	9	6	6	3	15	19	6		1	8	7	17					123	4%
13-14	24	19	7	9	9	5	13	11	11	2	2	5	4	11			3		135	4%
14-15	40	26	9	8	10	5	28	14	14	3		4	4	13	1		1		180	5%
15-16	50	21	12	8	10	2	24	19	19		2	4	3	9	1		2		186	5%
16-17	35	21	13	9	11	4	31	17	17	2	1	3	7	5		1	1	1	179	5%
17-18	31	25	9	14	7	3	15	15	19	2	4	6	6	10			1	1	168	5%
18-19	44	22	9	7	15	4	32	16	32	4	2	9	2	25			1	1	225	6%
19-20	33	29	7	7	6	4	27	30	37	1	5	12	4	12			1	4	219	6%
20-21	21	13	2	5	10	5	16	21	21		4	7		8			1		134	4%
21-22	12	12	1	3	11	1	20	22	23	5		9	2	9	1			1	132	4%
22-23	28	5	1	1	20	9	21	34	29	3	3	10	4	11			1	1	181	5%
23-24	14	11		1	20	15	28	20	29	4	5	4	2	8				2	163	5%
Total	603	365	142	141	255	124	429	383	398	42	52	149	76	272	4	1	24	24	3484	100%
%	17%	10%	4%	4%	7%	4%	12%		11%	1%	1%	4%	2%	8%	0%	0%	1%	1%	100%	

Fuente y elaboración : Cesel

Cuadro N° A1.4  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Fecha : Viernes 05-05-00

Dirección : Matucana - Cocachacra

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Trailers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	9	4		1		1	17	12	11	2		3		7					67	4%
1-2	5	3	1	1	2		26	7	7	1		3	2	5					63	3%
2-3	2	2			3	1	21	5	2			2		5				1	44	2%
3-4	1	1			16	4	18	5	2		1	4	2	7					61	3%
4-5	2	2			19	9	9	4	4		1		3	4			1		58	3%
5-6	8	2	2	2	23	20	13	7	5		3	7	4	20			1		117	6%
6-7	8	1	4	5	8	3	16	7	9	1		8	1	13	1		2		87	5%
7-8	6	4	6	6	2		12	4	9	1		6	2	4				1	63	3%
8-9	15	3	3	9			7	7	6			2	1	10			2	1	66	4%
9-10	12	8	5	2			5	7	6			2	1	1				1	50	3%
10-11	16	4	4	5	2		6	12	2		1	1		5					58	3%
11-12	14	15	6	3	1		10	4	4		1	4		9					67	4%
12-13	22	16	5	5	3	1	6	6	4				1	2				1	72	4%
13-14	16	15	3	2	3	2	7	15	10		1	2	2	1			1		80	4%
14-15	24	16	4	4	5	2	11	9	7			1	4	4				1	92	5%
15-16	33	19	6	5	7	2	7	12	5			2	2	8			1	1	110	6%
16-17	22	22	7	4	7	4	6	8	6	2		1	2	3	1		2		97	5%
17-18	35	14	5	9	6	4	11	2	15	2	1		2	3			1		110	6%
18-19	25	16	8	4	4	4	14	6	1		1	3	1	4				1	92	5%
19-20	27	9	3	3	3	3	13	3				2	3	5	1		1		76	4%
20-21	21	12	2	2	3	1	13	3	13	1		2	1	4	1		3		82	4%
21-22	24	9	1	1	3	5	16	6	12	1	1	4	2	9			1		95	5%
22-23	23	6			1		20	7	15	1		5	2	13				1	94	5%
23-24	15	2		1		1	8	20	13	2		4	1	11			1	2	81	4%
Total	385	205	75	74	121	67	282	184	168	14	11	68	39	157	4		17	11	1882	100%
%	20%	11%	4%	4%	6%	4%	15%	10%	9%	1%	1%	4%	2%	8%	0%		1%	1%	100%	

Fuente y elaboración : Cesei

Cuadro N° A1.5  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Fecha : Viernes 05-05-00

Dirección: Cocachacra - Matucana

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitraylers				Traylers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	2				10	11	15	3	8	2	1	1	1	1				1	53	3%
1-2	3	4			2	3	5	3	3			1	1	3				1	22	1%
2-3	2	1					4	1			1	1		3			2	1	13	1%
3-4	2	2			1		5	4				2	2	6					20	1%
4-5	4	4					8	2	4	1		3	1	5			1		25	1%
5-6	16	6					6	4	5	1	1	3	2	4					26	1%
6-7	18	11	3	2			10	5	6		2	4	1	3				2	33	2%
7-8	20	13	7	9			7	7	5		1	2	3	4				1	30	2%
8-9	23	15	6	4	3		3	4	1		1	2	1	2			1		18	1%
9-10	26	20	5	5	7	3	8	3	2		1	2		2	1			1	30	2%
10-11	27	18	3	8	6	5	9	7	3	1	2	2	1	4			3	1	44	2%
11-12	22	10	4	5	8	1	6	2	2		3	4	3	10					39	2%
12-13	25	12	7	3	6	4	5	7	5	1	1	3	7	6				2	47	3%
13-14	25	11	5	4	2	6	10	12	6			1	2	2			2		43	2%
14-15	29	10	6	5	2	4	12	14	11		3		4	3				1	54	3%
15-16	18	8	5	5	1	1	12	17	10		1	4	2	3			1	1	53	3%
16-17	16	6	3	5	4	2	12	16	4		1	5	2	4			1	1	52	3%
17-18	15	4	3	5	1	1	16	8	10	1	5	5	6	9			3		65	3%
18-19	13	7	5	3	8		12	8	21		2	2		12			1	1	67	4%
19-20	13	7	6	3	6		25	11	24	1	3	3	1	7				2	83	4%
20-21	6	1	5	4	8	3	26	9	22		2	4	2	7			2	1	86	5%
21-22	6	4		5	13	3	20	13	10		4	1	1	6	1		3		75	4%
22-23	13	4	1	1	21	3	26	8	21	1	1	2	8	10			1	1	103	6%
23-24	13	6		1	23	13	13	10	18	2	1	2	1	3			1		87	5%
Total	357	184	74	77	132	63	275	178	201	11	37	59	52	119	2		22	17	1860	100%
%	19%	10%	4%	4%	7%	3%	15%	10%	11%	1%	2%	3%	3%	6%	0%		1%	1%	100%	

Fuente y elaboración : Cesel

Cuadro N° A1.6  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: 1

Fecha : Viernes 05-05-00

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Dirección : Ambas

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Trailers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	11	4		1	10	12	32	15	19	4	1	4	1	8					122	3%
1-2	8	7	1	1	4	3	31	10	10	1		4	3	8				1	92	2%
2-3	4	3			3	1	25	6	2		1	3		8			2	2	60	2%
3-4	3	3			17	4	23	9	2		1	6	4	13					85	2%
4-5	6	6			19	9	17	6	8	1	1	3	4	9			2		91	2%
5-6	24	8	2	2	23	20	19	11	10	1	4	10	6	24			1		165	4%
6-7	26	12	7	7	8	3	26	12	15	1	2	12	2	16	1		2	2	154	4%
7-8	26	17	13	15	2		19	11	14	1	1	8	5	8				2	142	4%
8-9	38	18	9	13	3		10	11	7		1	4	2	12			3	1	132	4%
9-10	38	28	10	7	7	3	13	10	8		1	4	1	3	1			2	136	4%
10-11	43	22	7	13	8	5	15	19	5	1	3	3	1	9			3	1	158	4%
11-12	36	25	10	8	9	1	6	12	6		4	8	3	19					147	4%
12-13	47	28	12	8	9	5	11	13	9	1	1	3	8	8				3	166	4%
13-14	41	26	8	6	5	8	17	27	16		1	3	4	3			3		168	4%
14-15	53	26	10	9	7	6	23	23	18		3	1	8	7				2	196	5%
15-16	51	27	11	10	8	3	19	29	15		1	6	4	11			2	2	199	5%
16-17	38	28	10	9	11	6	18	24	10	2	1	6	4	7	1		3	1	179	5%
17-18	50	18	8	14	7	5	27	10	25	3	6	5	8	12			4		202	5%
18-19	38	23	13	7	12	4	26	14	22		3	5	1	16			1	2	187	5%
19-20	40	16	9	6	9	3	38	14	24	1	3	5	4	12	1		1	2	188	5%
20-21	27	13	7	6	11	4	39	12	35	1	2	6	3	11	1		5	1	184	5%
21-22	30	13	1	6	16	8	36	19	22	1	5	5	3	15	1		4		185	5%
22-23	36	10	1	1	22	3	46	15	36	2	1	7	10	23			1	2	216	6%
23-24	28	8		2	23	14	21	30	31	4	1	6	2	14			2	2	188	5%
	742	389	149	151	253	130	557	362	369	25	48	127	91	276	6		39	28	3742	100%
	20%	10%	4%	4%	7%	3%	15%	10%	10%	1%	1%	3%	2%	7%	0%		1%	1%	100%	

Fuente y elaboración : Cesel

Cuadro N° A1.7  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Gorcona

Fecha: sábado 06-05-00

Dirección : Matucana - Cocachacra

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Traylers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	10	7		3	1		18	15	15	5		5	5	5	1		1	1	92	5%
1-2	5	3			4		19	15	15	2		5		2					70	4%
2-3	4	2	1		2	1	16	5	5			1		1			1	1	40	2%
3-4	3	1			17	4	17	1	1			4	1	8				1	58	3%
4-5	2	3		2	26	16	10	8	8	2	2	6	1	14			2		102	6%
5-6	3	1	3	2	30	18	7	12	12		3	8	1	13			2		115	6%
6-7	13	6	4	5	7	2	3	7	7	1		4		12	1			2	74	4%
7-8	8	3	5	7			17	2	2		1	2	2	10					59	3%
8-9	16	6	5	6			9	2	2	1	1	6		7					61	3%
9-10	18	8	3	4			8	1	1		1	1	2	3					50	3%
10-11	17	6	4	5			5	7	7			3	1	8			2		65	4%
11-12	17	9	7	5	3		7					5	1	5				1	60	3%
12-13	20	6	4	3	6	1	4	1	1			1		1				1	49	3%
13-14	21	11	5	4	3	4	6	4	4	2		1	3	3					71	4%
14-15	36	11	5	2	3	1	12	8	8	2	1	2		2			2		95	5%
15-16	24	12	5	5	10	4	15	6	6	1	2	1	2	3					96	5%
16-17	23	16	5	6	6	6	10	11	11	2		4	1	3					104	6%
17-18	30	13	7	9	8	6	2	10	10	1		4	1	2					103	6%
18-19	28	8	8	8	5	5	5	8	8	2		3	2	4					94	5%
19-20	22	16	4	7	5	2	3	10	10	2	1	5	2	4					93	5%
20-21	22	9	3	5	2		7	16	16	2		3	1	6					92	5%
21-22	13	8	2	2	4	3	4	17	17	2	2	1	1	3					79	4%
22-23	17	3	1	2	1	1	9	12	12	1		3		4					66	4%
23-24	15	2		1		1	9	6	6	1				1				2	44	2%
Total	387	170	81	93	143	75	222	184	184	29	14	78	27	124	2		10	9	1832	100%
%	21%	9%	4%	5%	8%	4%	12%	10%	10%	2%	1%	4%	1%	7%	0%		1%	0%	100%	

Fuente y elaboración : Cesel

Cuadro N° A1.8  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Fecha: sábado 06-05-00

Dirección: Cocachacra - Matucana

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Trailers				Total	%	
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1	9	3	1		17	11	6	7	4	1			1	2		1			63	3%	
1-2	8	2	1	1	8	5	2	3	1		1	2	1	3					38	2%	
2-3	5	4				3	4	3	1	1	1	2		4					28	1%	
3-4	9	1	2		1		1	4	2	1		3	1	4				1	30	1%	
4-5	8	5					2	3	4	1	1	3	1	8					35	2%	
5-6	15	9	1		1		7	6	8		2	4	1	4				3	61	3%	
6-7	24	12	3	2			5	12	3				2	4				1	69	3%	
7-8	34	10	5	9	1		9	3	5	1				3			1		81	4%	
8-9	26	14	7	4	2	1	12	3	2	1				5			1	2	80	4%	
9-10	31	16	4	4	7	4	5	5	1		2	2	2	1				2	86	4%	
10-11	20	15	4	7	6	7	7	5	6			1	1	5			1		85	4%	
11-12	28	17	7	3	5	3	10	7	6		2	4	4	2					98	5%	
12-13	26	10	3	8	7	3	11	5	9	1	3	4	1	7				1	99	5%	
13-14	33	6	6	3	3	3	19	15	5	1		1		9					104	5%	
14-15	25	1	3	6	3	4	25	7	6	1		4	5	4					94	5%	
15-16	21	11	5	6	4	2	22	7	7	3	3	4	2	11			1	1	110	5%	
16-17	18	6	3	7	1	1	25	8	11		1	5	6	4	1		1	2	100	5%	
17-18	24	10	10	5	4	2	10	19	16	1		4	1	9	1		2	1	118	6%	
18-19	15	9	6	5	7	4	12	30	13	2	1	10	2	8			1	1	126	6%	
19-20	13	6	2	6	6		13	29	13	1	5	2	1	6					103	5%	
20-21	12	5	4	5	11	3	10	32	24	1	2	4	4	10					127	6%	
21-22	7	3	4	4	13	2	8	28	17	1		6		4				1	98	5%	
22-23	17	2	3	1	20	8	6	18	19				2	4					100	5%	
23-24	8	4	1	1	17	9	3	14	10			1	2	3					73	4%	
Total	436	181	85	87	144	75	234	273	193	18	24	68	39	124	1	1	8	16	2007	100%	
%	22%	9%	4%	4%	7%	4%	12%	14%	10%	1%	1%	3%	2%	6%	0%	0%	0%	1%	100%		

Fuente y elaboración : Cesel

Cuadro N° A1.9  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: 1

Fecha: sábado 08-05-00

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Dirección : Ambas

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitraylers				Traylers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	19	10	1	3	18	11	24	22	19	6		5	6	7	1	1	1	1	155	4%
1-2	13	5	1	1	12	5	21	18	16	2	1	7	1	5					108	3%
2-3	9	6	1		2	4	20	8	6	1	1	3		5			1	1	68	2%
3-4	12	2	2		18	4	18	5	3	1		7	2	12				2	88	2%
4-5	10	8		2	26	16	12	11	12	3	3	9	2	22			2		138	4%
5-6	18	10	4	2	31	18	14	18	20		5	12	2	17			2	3	176	5%
6-7	37	18	7	7	7	2	8	19	10	1		6	1	16	1			3	143	4%
7-8	42	13	10	16	1		26	5	7	1	1	2	2	13			1		140	4%
8-9	42	20	12	10	2	1	21	5	4	2	1	6		12			1	2	141	4%
9-10	49	24	7	8	7	4	13	6	2		3	3	4	4				2	136	4%
10-11	37	21	8	12	6	7	12	12	13			4	2	13			3		150	4%
11-12	45	26	14	8	8	3	17	7	6		2	9	5	7				1	158	4%
12-13	46	16	7	11	13	4	15	6	10	1	3	5	1	8				2	148	4%
13-14	54	17	11	7	6	7	25	19	9	3		2	3	12					175	5%
14-15	61	12	8	8	6	5	37	15	14	3	1	6	5	6			2		189	5%
15-16	45	23	10	11	14	6	37	13	13	4	5	5	4	14			1	1	206	5%
16-17	41	22	8	13	7	7	35	19	22	2	1	9	7	7	1		1	2	204	5%
17-18	54	23	17	14	12	8	12	29	26	2		8	2	11			2	1	221	6%
18-19	43	17	14	13	12	9	17	38	21	4	1	13	4	12			1	1	220	6%
19-20	35	22	6	13	11	2	16	39	23	3	6	7	3	10					196	5%
20-21	34	14	7	10	13	3	17	48	40	3	2	7	5	16					219	6%
21-22	20	11	6	6	17	5	12	45	34	3	2	7	1	7				1	177	5%
22-23	34	5	4	3	21	9	15	30	31	1		3	2	8					166	4%
23-24	23	6	1	2	17	10	12	20	16	1		1	2	4				2	117	3%
Total	823	351	166	180	287	150	456	457	377	47	38	146	66	248	3	1	18	25	3839	100%
%	21%	9%	4%	5%	7%	4%	12%		10%	1%	1%	4%	2%	6%	0%	0%	0%	1%	100%	

Fuente y elaboración : Cesel

Cuadro N° A1.10  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Fecha: domingo 07-05-00

Dirección : Matucana - Cocachacra

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Trailers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	6	8	1	1	1		21	12	7					2				1	60	4%
1-2	5	3			2	1	17	6	4			1		3					42	3%
2-3	1	1			8	1	12	6	2			3		5				1	40	2%
3-4	5	2			27	5	7	3	2	1	2	3		2			2		61	4%
4-5	4	1		1	31	18	4	5	3		1		1	3					72	4%
5-6	1		3	1	11	3	7	3	6	1		2	2	6				1	47	3%
6-7	3	3	4	3	1	1	1	3	4		1	2	2	11				1	40	2%
7-8	6	2	4	6			5	2			1	4	1	2					33	2%
8-9	8	2	3	6			4		2	1				3					29	2%
9-10	9	3	9	1	1		2	8	3	1	1	2	1	6				1	48	3%
10-11	9	1	7	4	2		1	3	2		1	3	2	5					40	2%
11-12	18	4	6	5	2		1	5	4		3	1		4					53	3%
12-13	13	6	7	5	1		3		1	1		4		3					44	3%
13-14	29	8	4	5	3	3	3	6	3		1	1		1					67	4%
14-15	35	12	5	3	5	4	1	3	4					3				3	78	5%
15-16	48	11	5	3	6	6	5	6	10	2		3		2				1	108	7%
16-17	53	13	7	8	6	3	4	3	7			1		1			1	2	109	7%
17-18	65	14	5	3	6	7	5		6	3		1		3			1	2	121	7%
18-19	54	13	6	6	3	2	8	5	12	1	2	1		6			2		121	7%
19-20	41	15	5	7	6	5	11	4	7		1	4	3	5					114	7%
20-21	45	9	4	6	3	1	13	3	9	1	2	1	1	11			1	3	113	7%
21-22	12	10		1	1	1	8	4	11	3		3	1	7	1				63	4%
22-23	19	8			3	1	15	5	10	2	2	5	2	4			1		77	5%
23-24	15	7			2	1	11	8	15			4	2	6			1		72	4%
Total	504	156	85	75	131	63	169	103	134	17	18	49	18	104	1		9	16	1652	100%
%	3150%	975%	531%	469%	819%	394%	1056%	644%	838%	106%	113%	306%	113%	650%	6%		56%	100%	100%	

Fuente y elaboración : Cesei

Cuadro N° A1.11  
**CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR**

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

Fecha: domingo 07-05-00

Dirección: Cocachacra - Matucana

Hora	Vehículos ligeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Traylers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	7	1			14	12	5	4	8		1	1		1					54	3%
1-2	7	1			7	3	6	2				1						1	28	2%
2-3	8	1				1	2	5	5		1	2		1					26	2%
3-4	5	2					2	1	4		1	3		1				1	20	1%
4-5	8	2					2	2	3	1			1	3					22	1%
5-8	7	10	1				5	4	7		2	2	1	8				1	48	3%
6-7	20	9	3	1			6	2	4	1	1	2		7	1		1	2	60	4%
7-8	21	14	6	6		1	8	2	6		1	2	2	1					70	5%
8-9	23	12	5	4	1	1	2	5	3	1	2	7	3	4			1	1	75	5%
9-10	44	8	6	6	7	2	2	3	6		1	1		2		2			90	6%
10-11	17	10	5	7	5	3	5	6	4			3	4	2	1				72	5%
11-12	43	6	7	5	4	3	5	8	1		1		5	4			1		93	6%
12-13	44	10	6	4	4	3	8	13	6			3		6				2	109	7%
13-14	43	4	4	3	5	3	4	14	5			3	3	2					93	6%
14-15	27	4	6	4	4	3	4	10	8	1	2	3	3	3				5	87	6%
15-16	35	7	5	4	1	2	5	21	10		2	3	1	3					99	6%
16-17	17	5	3	6	3	2	19	5	8	1	2	3	3	7					84	5%
17-18	15	1	6	2	1		26	9	5					2			1		68	4%
18-19	17	7	4	6	7	3	17	5	2		2			2			1	1	74	5%
19-20	7	5	4	4	6	2	9	4	9			2		6			1		59	4%
20-21	12	2	4	2	8	3	12	5	5		1	2	2	6					64	4%
21-22	9	3	3	4	14	1	8	7	3			1	1	1			1		56	4%
22-23	6	3		1	15	9	8	3	5		1	1	1	1					54	3%
23-24	8	4		2	16	10	5	2	2										49	3%
	450	131	78	71	122	67	175	142	119	5	21	45	30	73	2		9	14	1554	100%
	29%	8%	5%	5%	8%	4%	11%	9%	8%	0%	1%	3%	2%	5%	0%		1%	1%	100%	

Fuente y elaboración : Cesel

Cuadro N° A1.12  
CONTEO Y CLASIFICACION VEHICULAR

Estación: 1

Tramo: Cocachacra - Tornamesa

Ubicación: Corcona

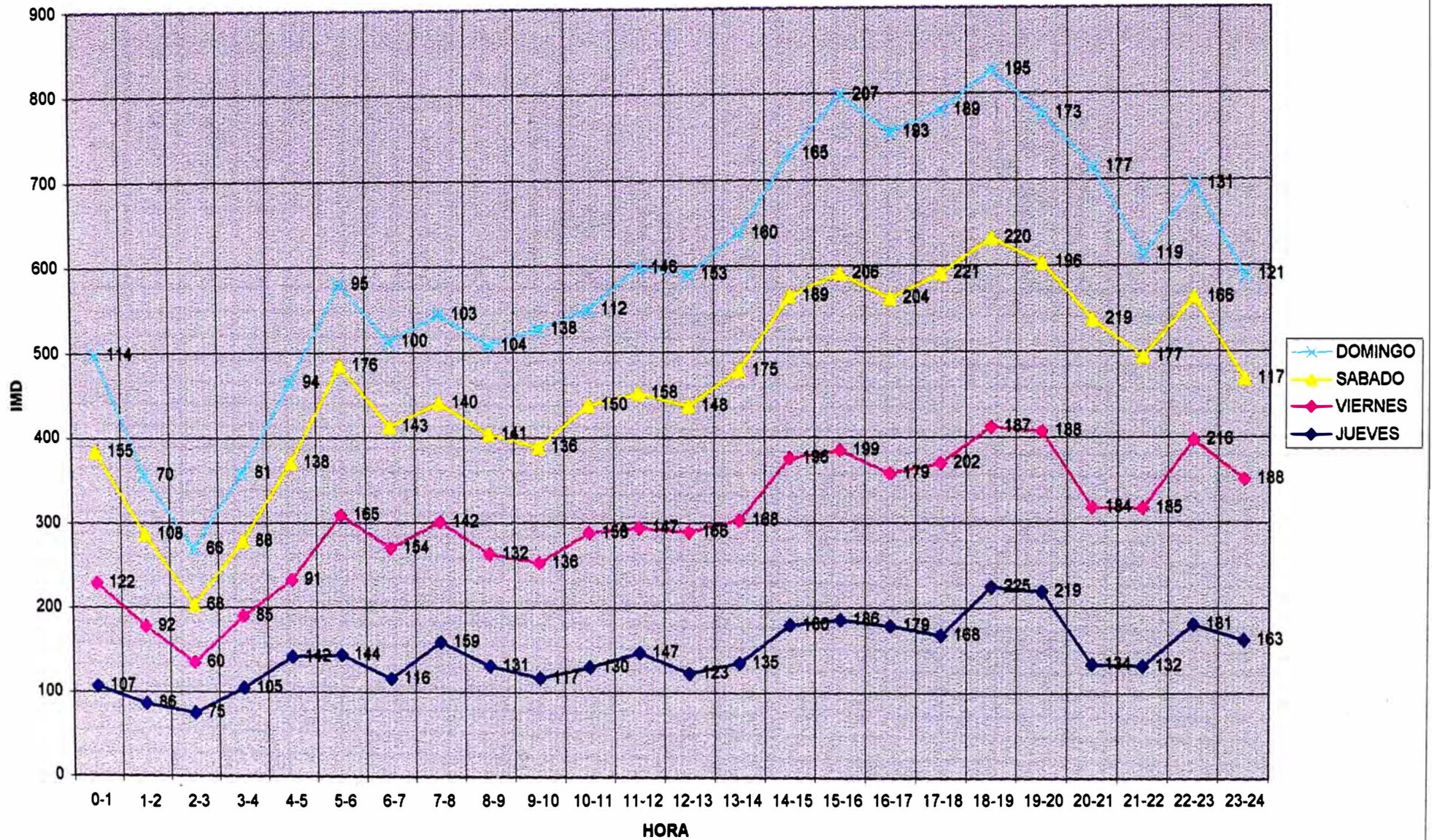
Fecha: domingo 07-05-00

Dirección : Ambas

Hora	Vehículos Ilgeros				Bus		Camiones				Semitrailers				Trailers				Total	%
	Autos	Pick up	C.R.	Micros	2E	3E	2E CH	2E G	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	13	9	1	1	15	12	26	16	15		1	1		3				1	114	4%
1-2	12	4			9	4	23	8	4			2		3				1	70	2%
2-3	9	2			8	2	14	11	7		1	5		6				1	66	2%
3-4	10	4			27	5	9	4	6	1	3	6		3			2	1	81	3%
4-5	12	3		1	31	18	6	7	6	1	1		2	6					94	3%
5-6	8	10	4	1	11	3	12	7	13	1	2	4	3	14				2	95	3%
6-7	23	12	7	4	1	1	7	5	8	1	2	4	2	18	1		1	3	100	3%
7-8	27	16	10	12		1	13	4	6		2	6	3	3					103	3%
8-9	31	14	8	10	1	1	6	5	5	2	2	7	3	7			1	1	104	3%
9-10	53	11	15	7	8	2	4	11	9	1	2	3	1	8			2	1	138	4%
10-11	26	11	12	11	7	3	6	9	6		1	6	6	7	1				112	3%
11-12	61	10	13	10	6	3	6	13	5		4	1	5	8			1		146	5%
12-13	57	16	13	9	5	3	11	13	7	1		7		9				2	153	5%
13-14	72	12	8	8	8	6	7	20	8		1	4	3	3					160	5%
14-15	62	16	11	7	9	7	5	13	12	1	2	3	3	6				8	165	5%
15-16	83	18	10	7	7	8	10	27	20	2	2	6	1	5				1	207	6%
16-17	70	18	10	14	9	5	23	8	15	1	2	4	3	8			1	2	193	6%
17-18	80	15	11	5	7	7	31	9	11	3		1		5			2	2	189	6%
18-19	71	20	10	12	10	5	25	10	14	1	4	1		8			3	1	195	6%
19-20	48	20	9	11	12	7	20	8	16		1	6	3	11			1		173	5%
20-21	57	11	8	8	11	4	25	8	14	1	3	3	3	17			1	3	177	6%
21-22	21	13	3	5	15	2	16	11	14	3		4	2	8	1		1		119	4%
22-23	25	11		1	18	10	23	8	15	2	3	6	3	5			1		131	4%
23-24	23	11		2	18	11	16	10	17			4	2	6			1		121	4%
	954	287	163	146	253	130	344	245	253	22	39	94	48	177	3		18	30	3206	100%
	30%	9%	5%	5%	8%	4%	11%	8%	8%	1%	1%	3%	1%	6%	0%		1%	1%	100%	

Fuente y elaboración : Cesel

### VARIACION HORARIA - ESTACION COROCONA



Cuadro N° A1.13  
MATRIZ SUMATORIA DE ORIGEN Y DESTINO DE VEHICULOS LIGEROS

ORIGEN	DESTINO	C. DE PASCO	CASAPALCA	CHANCHAMAYO	CHOSICA	COCRACHACRA	CORCONA	HUANCAYO	HUANUCO	JAUJA	JUNIN	LIMA	MATUCANA	MOROCOCHA	OROYA	RIO BLANCO	SAN BARTOLOME	SAN MATEO	PUCALLPA	SURCO	TARMA	TICLIO	TOTAL	PORCENTAJE	
C. DE PASCO												3												3	1,43%
CASAPALCA					1							6												7	3,33%
CHANCHAMAYO												2												2	0,95%
CHOSICA		1				6	4				3		2		1		2	3			1			23	10,95%
COCRACHACRA					3							2												5	2,38%
CORCONA					8	3						2												13	6,19%
HUANCAYO												12												12	5,71%
HUANUCO												2												2	0,95%
JAUJA												2												2	0,95%
JUNIN												1												1	0,48%
LIMA		2	2	3	1	4		14	3	1			15	1	27		1	2				8	1	85	40,48%
MATUCANA					2	3						8												13	6,19%
MOROCOCHA												2												2	0,95%
OROYA					1							22												23	10,95%
RIO BLANCO												1												1	0,48%
SAN BARTOLOME					4																			4	1,90%
SAN MATEO					2	1						7												10	4,76%
PUCALLPA												1												1	0,48%
SURCO																									
TARMA												1												1	0,48%
TICLIO																									
TOTAL		3	2	3	22	17	4	14	3	1	3	74	17	1	28		3	5		1	8	1	210	100,00%	
PORCENTAJE		1%	1%	1%	10%	8%	2%	7%	1%	0%	1%	35%	8%	0%	13%		1%	2%		0%	4%	0%	100%		

FUENTE: CESEL

ELABORACION: CESEL

Cuadro N° A1.14  
**MATRIZ DE ORIGEN Y DESTINO DE OMNIBUS DE 2 Y 3 EJES**

ORIGEN	DESTINO	C DE PASCO	CASAPALCA	CHANCHAMAYO	COCHACHACRA	CONCEPCION	CORCONA	HUANCAVELICA	HUANCAYO	HUANUCO	JAUJA	JUNIN	LA OROYA	LIMA	MATUCANA	MOROCOCHA	OXAPAMPA	PAMPAS	PUCALLPA	SAN MATEO	SATIPO	SURCO	TARMA	TINGO MARIA	TOTAL	PORCENTAJE	
C DE PASCO														12											12	4,71%	
CASAPALCA																											
CHANCHAMAYO														12												12	4,71%
COCHACHACRA														1												1	0,39%
CONCEPCION																											
CORCONA																											
HUANCAVELICA														1												1	0,39%
HUANCAYO														67												67	26,27%
HUANUCO														11												11	4,31%
JAUJA														2												2	0,78%
JUNIN																											
LA OROYA														12												12	4,71%
LIMA		7	1	6					71	12	1	4	7				1		2		4		4		120	47,06%	
MATUCANA																											
MOROCOCHA																											
OXAPAMPA																										2	0,78%
PAMPAS																										2	0,78%
PUCALLPA																										2	0,78%
SAN MATEO																											
SATIPO														4												4	1,57%
SURCO																											
TARMA														7												7	2,75%
TINGO MARIA														2												2	0,78%
TOTAL		7	1	6				71	12	1	4	7	135				1		2		4		4		255	100%	
PORCENTAJE		2,7%	0%	2%				28%	5%	0%	2%	3%	53%			0%		1%		2%		2%			100%		

FUENTE: CESEL

ELABORACION: CESEL

Cuadro N° A1.15  
MATRIZ SUMATORIA DE ORIGEN Y DESTINO DE CAMIONES

ORIGEN	DESTINO	C DE PASCO	CASAPALCA	CHANCHAMAYO	COCRACHACRA	CONCEPCION	CORCONA	HUANCAVELICA	HUANCAYO	HUANUCO	JAUJA	JUNIN	LA OROYA	LIMA	MATUCANA	MOROCOCHA	OXAPAMPA	PACHACAYO	PUCALLPA	SAN MATEO	SATIPO	SURCO	TARMA	TINGO MARIA	TOTAL	PORCENTAJE
C DE PASCO														87											87	4,86%
CASAPALCA														22											22	1,23%
CHANCHAMAYO														103											103	5,75%
COCRACHACRA														7											7	0,39%
CONCEPCION														4											4	0,22%
CORCONA														15											15	0,84%
HUANCAVELICA														3											3	0,17%
HUANCAYO														196											196	10,95%
HUANUCO														32											32	1,79%
JAUJA														41											41	2,29%
JUNIN														26											26	1,45%
LA OROYA														42											42	2,35%
LIMA		75	10	54	2		16	9	229	53	12	26	108		13	13	9	2	30	17	30	1	131	21	861	48,10%
MATUCANA														10											10	0,56%
MOROCOCHA														25											25	1,40%
OXAPAMPA														12											12	0,67%
PAMPAS														2											2	0,11%
PUCALLPA														58											58	3,13%
SAN MATEO														12											12	0,67%
SATIPO														62											62	3,46%
SURCO																										
TARMA														141											141	7,88%
TINGO MARIA														31											31	1,73%
TOTAL		75	10	54	2		18	9	229	53	12	26	108	929	13	13	9	2	30	17	30	1	131	21	1790	100,00%
PORCENTAJE		4%	1%	3%	0%		1%	1%	13%	3%	1%	1%	6%	52%	1%	1%	1%	0%	2%	1%	2%	0%	7%	1%	100%	

FUENTE: CESEL

ELABORACION: CESEL

Cuadro N° A1.16

## MATRIZ DE ORIGEN Y DESTINO DE PASAJEROS EN AUTOS, CAMIONETAS, C.R., MICROS Y OMNIBUS

ORIGEN	DESTINO	CASAPALCA	CHANCHAMAYO	CHOSICA	COCRACHACRA	CORCONA	HUANCAYO	HUANUCO	JAUJA	JUNIN	LIMA	MATUCANA	MOROCOCHA	OROYA	PASCO	PAUCARTAMBO	PALCAZU	PUCALLPA	SAN BARTOLOME	SATIPO	SURCO	TARMA	TINGOMARIA	TOTAL	PORCENTAJE	
CASAPALCA				4							11													15	0,61%	
CHANCHAMAYO											3													3	0,12%	
CHOSICA					61	21						58		3	4				28		1			176	7,17%	
COCRACHACRA				9							c16													9	0,37%	
CORCONA				40	9						1	7												57	2,32%	
HUANCAYO											66													66	2,69%	
HUANUCO											8													8	0,33%	
JAUJA											7													7	0,29%	
JUNIN											1													1	0,04%	
LIMA	10	64		213			714	160	49	10		31	5	137	289	20	19	14		1	55		54	53	1898	77,34%
MATUCANA				63							14													77	3,14%	
MOROCOCHA											3													3	0,12%	
OROYA				3							59													62	2,53%	
PASCO											8													8	0,33%	
PUCALLPA											2													2	0,08%	
RIO BLANCO											1													1	0,04%	
SAN BARTOLOME				21																				21	0,86%	
SAN MATEO				23							12													35	1,43%	
SURCO				1																				1	0,04%	
TARMA											4													4	0,16%	
TOTAL	10	64	164	283	21	714	160	49	10	200	96	5	140	293	20	19	14		29	55	1	54	53	2454	100,00%	
PORCENTAJE	0%	3%	7%	12%	1%	29%	7%	2%	0%	8%	4%	0%	6%	12%	1%	1%	1%		1%	2%	0%	2%	2%	100%		

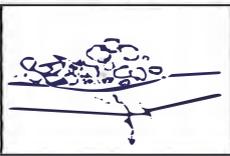
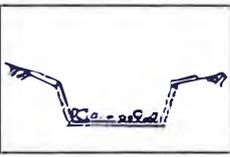
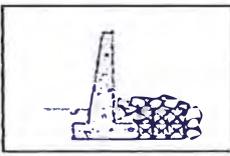
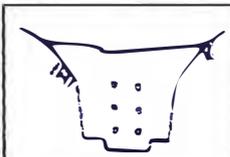
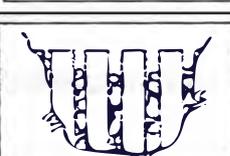
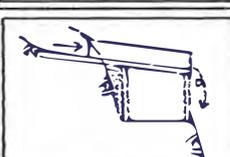
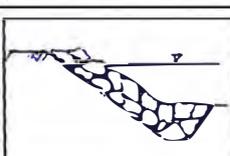
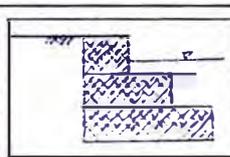
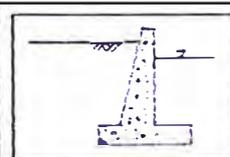
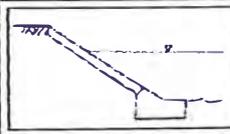
FUENTE: CESEL

ELABORACION: CESEL

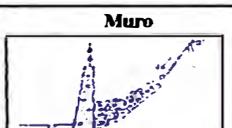
# **ANEXOS**

## **ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO**

**Cuadro A2.1 - Correctivas para Mitigar los Fenómenos de Geodinámica Externa**

	Medidas Posibles (Objetivos Principales)	Croquis	Ventajas	Desventajas	Observaciones
HUAYCO	<b>Badén</b> (Facilitar el flujo del huayco de la quebrada ubicada al mismo nivel de la vía)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura simple.</li> <li>- Relativamente económica.</li> <li>- Fácil mantenimiento.</li> </ul>	Suspensión temporal del tráfico por acumulación de material.	<p>Obliga a limpieza de materiales acumulados sobre la estructura.</p> <p>Se requiere "Rip-rap" para impedir la socavación</p>
	<b>Encauzamiento y Canalización</b> (Rectificación del cauce, ampliación de la sección para el corriente fluido)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garantizan el flujo por cauce natural hasta el área de menor peligro.</li> <li>- Posible uso de material de lecho.</li> <li>- Fácil proceso constructivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólo para el cauce de menor pendiente.</li> <li>- Requerimiento de datos hidrológicos detallados.</li> </ul>	El atisamiento y la ampliación de la sección de pontón deben planificarse en forma conjunta.
	<b>Muros de Contención</b> (Protección de vía)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ahorra espacio.</li> <li>- Utilización de material del lecho de río.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta local afecta la estabilidad de la estructura.</li> <li>- Debilidad estructural para impacto de bloques mayores.</li> <li>- Emplazamiento según el flujo de material.</li> </ul>	Utilización conjunta con otras medidas, como por ejemplo enrocado.
	<b>Presa tipo SABO</b> (Prevenir la producción del material arrastrado; recibir directamente el flujo del huayco)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción cuantitativa del material acarreado.</li> <li>- Retardo del tiempo.</li> <li>- Impedimento de removimiento del material depositado en el lecho.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efectiva a aplicación conjunta con otras medidas.</li> <li>- Limpieza (dragado) periódico para mantener la capacidad de reserva.</li> </ul>	<p>Efectivo emplazamiento de varias presas.</p> <p>Posible emplazamiento en el cauce de moderada pendiente.</p>
	<b>Presa Discontinua</b> (Prevenir el flujo de bloques de mayor tamaño)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impedir acarreo de bloques grandes.</li> <li>- Permeable.</li> <li>- Posible emplazamiento en el cauce de mayor pendiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza (dragado) periódica.</li> </ul>	Efectivo emplazamiento de varias presas.
	<b>Túnel Falso</b> (Facilitar el flujo del huayco de la quebrada ubicada a mayor altura que la vía)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura sólida.</li> <li>- Compromete alta seguridad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo elevado por ser estructura grande.</li> <li>- Largo periodo de construcción.</li> <li>- Requerimiento de mantenimiento constante.</li> </ul>	<p>Acumulación de material mínimo sobre la estructura.</p> <p>Existen pocos lugares apropiados para el emplazamiento de esta estructura.</p>
EROSION FLUVIAL	<b>Enrocado</b> (Protección del talud de la acción erosiva)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flexible y de fácil acomodación.</li> <li>- Pérdidas o daños locales pueden ser reparados.</li> <li>- Fácil proceso constructivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo elevado por el uso obligatorio de maquinarias pesadas.</li> <li>- Requiere de taludes de reposo suave.</li> </ul>	Se puede aplicar para el río de pendiente medianamente fuerte, con cauce estrecho.
	<b>Gaviones</b> (Protección del talud de la acción erosiva)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flexible y acomodación al saqueo.</li> <li>- Permeable.</li> <li>- Uso de alambre resistente y flexible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disponibilidad de material de llenado.</li> <li>- Ataque por procesos abrasivos y de corrosión.</li> </ul>	<p>Existen 3 tipos de gaviones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tipo caja</li> <li>- tipo colchón</li> <li>- tipo saeo</li> </ul> <p>No se puede usar en ríos de gran pendiente</p>
	<b>Muros de Contención</b> (Protección lateral y vertical de la acción erosiva)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil proceso constructivo.</li> <li>- Ahorra espacio.</li> <li>- Utilización de material del lecho de río.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta local afecta la estabilidad de la estructura.</li> </ul>	Obliga la colocación de materiales para reducir el socavamiento.
	<b>Revestimiento del Talud</b> (Protección del talud de la acción erosiva)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil proceso constructivo.</li> <li>- Utilización de material de lecho de río.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta local afecta la estabilidad de la estructura.</li> </ul>	Revestido por enrocados cementados, gaviones tipo colchón y de concreto.

**Cuadro A2.2 - Correctivas de Estabilización de Taludes**

Medida Correctiva	Generalidades	Ventajas	Desventajas	Fenómenos a aplicar
<b>Replantación</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Replantación de almácigos y/o sembrío de semillas</li> <li>- Reforzamiento del talud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativamente económico.</li> <li>- Armonía con medio ambiente</li> <li>- Fácil mantenimiento</li> <li>- Evita la erosión superficial de talud.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitación de la aplicación por las condiciones topográfica, climática, geológica, etc.</li> </ul>	Deslizamiento de tierras
<b>Limpieza</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza de materiales caídos de menor escala al pie de talud, cumeta y rasante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Económico</li> <li>- Tratamiento rápido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza continua</li> <li>- Deterioro de estructura vial</li> </ul>	Caída de rocas Flujo de escombros Caída de bloques planares Derrumbes
<b>Banqueta</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Franjas planas en el talud alto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del caudal, velocidad, socavación, de escorrentía superficial</li> <li>- Posible uso para mantenimiento de talud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Filtración de agua superficial al talud</li> <li>- Concentración del agua en banquetas</li> </ul>	Deslizamiento de tierras
<b>Desquinche</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminación de bolones y bloques inestables</li> <li>- Uso de explosivos será nulo o mínimo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evita propagación de fracturas a otros bloques relativamente sanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operación peligrosa</li> <li>- Suspensión temporal del tránsito</li> <li>- Deterioro de la rasante</li> </ul>	Caída de rocas Flujo de escombros Caída de bloques planares Derrumbes
<b>Gavión</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reforzamiento del lugar desmoronado por filtración de aguas subterráneas</li> <li>- Contención de movimiento de masa inestable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medida técnicamente fácil</li> <li>- Relativamente económico</li> <li>- Disponibilidad de material en el lugar cerca</li> <li>- Empleo de manos de obra local</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obturación de área filtrante por material fino</li> </ul>	Caída de rocas Flujo de escombros Deslizamiento de tierras Erosión Hídrica Derrumbes
<b>Muro</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contención para caída y derrumbe de rocas en el lugar restringido por canales, vía, ríos y algunas estructuras</li> <li>- Muro con cerca es más efectivo para la caída de rocas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existencia de misma obra en mismo tramo</li> <li>- Mantenimiento fácil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requerimiento de limpieza de material acumulado</li> <li>- Sólo para caída de bloque de menor tamaño</li> </ul>	Flujo de escombros Derrumbes
<b>Drenaje de Coronación</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drenaje en coronación de aguas superficiales para impedir filtración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento fácil</li> <li>- Medida efectiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpieza constante</li> <li>- Conexión de agua por canal de desagüe</li> </ul>	Deslizamiento de tierras Erosión hídrica
<b>Drenaje Horizontal</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drenaje de aguas subterráneas por tuberías ranuradas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medida efectiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo elevado</li> <li>- Limpieza constante</li> </ul>	Deslizamiento de tierras
<b>Contrapeso de Relleno</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relleno de masa de tierra o acumulación de gaviones en el frente de deslizamiento como contrapeso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medida efectiva para contrapesar con la masa movida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No efectivo para las masas muy blandas como arcilla</li> <li>- Posible estancamiento de aguas subterráneas que requiere obras de drenaje</li> </ul>	Deslizamiento de tierras
<b>Amarre de Bloque</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fijación de bloques inestables por cables de acero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejecución relativamente fácil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura temporal</li> <li>- Anclaje en punto de apoyo</li> </ul>	Caída de rocas Caída de bloques planares

## GRUPO N° 01

PROYECTO: Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

ZONA: 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

TRAMO: 2 : Cocachacra - Matucana

UBICACIÓN: km 52+948.58 al km 56+000

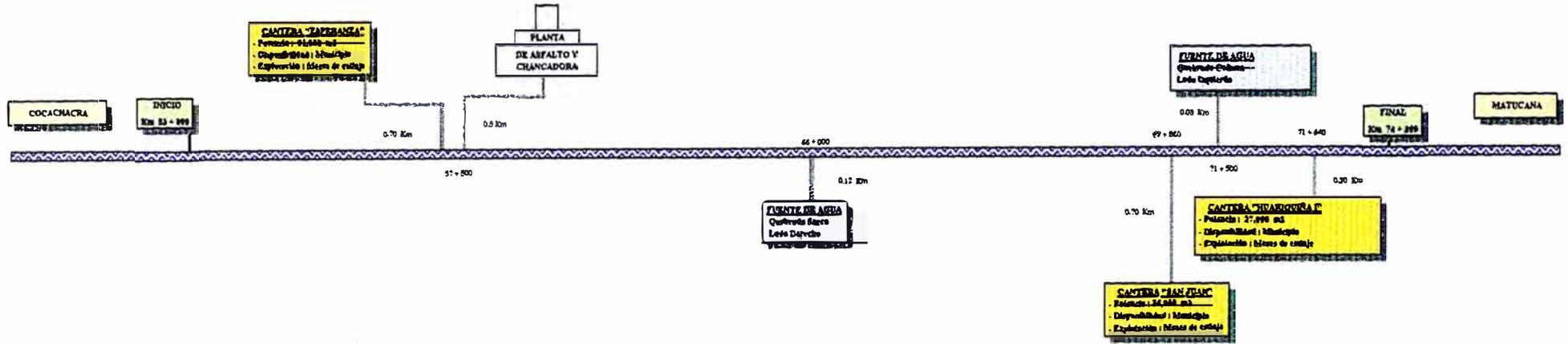
CUADRO A2.3 - RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

N° CALICATA	UBICACIÓN	LADO	N° MUESTRA	PROFUNDIDAD	CARACTERISTICAS DEL MATERIAL								
					LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	% HUMEDAD NATURAL	% MATERIAL QUE PASA				CLASIFICACION	
								MALLA # 4	MALLA #10	MALLA # 40	MALLA # 200	AASHTO	SUCS
31	53+000	I	1	0.20-0.40	23	6	7	49,0	38,5	26,6	18,2	A-1-b	GC-GM
			2	0.40-0.70	24	7	5	16,6	12,0	7,5	4,8	A-2-4	GP-GC
			3	0.70-1.50	22	5	5	62,9	47,7	26,0	13,8	A-1-a	SC-SM
32	53+500	D	1	0.20-0.60	24	7	3	45,3	30,5	18,8	13,1	A-2-4	GC-GM
			2	0.60-1.50	21	4	4	38,6	25,4	13,2	5,3	A-1-a	GW-GC
33	54+000	I	1	0.20-0.40	19	3	3	30,2	22,2	12,4	6,5	A-1-a	GP-GM
			2	0.40-1.50	14	NP	2	26,3	20,2	7,6	2,1	A-1-a	GW
34	54+500	I	1	0.15-0.35	20	4	4	38,2	28,8	15,4	7,5	A-1-a	GW-GM
			2	0.35-1.50	19	4	6	30,8	24,5	14,7	7,8	A-1-a	GP-GM
35	55+300	I	1	0.20-0.40	20	3	3	37,7	27,2	15,3	8,2	A-1-a	GP-GM
			2	0.40-1.50	22	5	5	34,8	28,0	12,2	6,3	A-1-a	GP-GC
36	55+860	D	1	0.20-0.45	20	5	2	24,7	17,2	9,7	5,5	A-1-a	GP-GM
			2	0.45-1.50	21	3	4	26,2	18,9	10,8	6,3	A-1-a	GP-GM

CUADRO A2.4 - UBICACIÓN DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA

FUENTES DE AGUA

FUENTE	UBICACION	RESULTADOS DE LABORATORIO						ESPECIFICACIONES					
		PH	CL (ppm)	SO4 (ppm)	NO3 (ppm)	NO2 (ppm)	NO3+NO2 (ppm)	PH	CL (ppm)	SO4 (ppm)	NO3 (ppm)	NO2 (ppm)	NO3+NO2 (ppm)
Quebrera Blanca	Km 66+000	7.86	166.3	43.3	199.0	0.20	19.3	> 7	300	300	1300	10	1800
Quebrera Colina	Km 71+500	7.84	191.4	87.0	212.0	0.69	23.0	> 7	300	300	1300	10	1800



CUADRO DE CANTERAS

Nº	CANTERAS	UBICACION			LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO	BUNDAD	% MATERIAL		CLASIFICACION		CBB (%)		% PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	% DURABILIDAD GRAY ESPECIF. (gr/ton)			% ABSORCIÓN		PERO (UNITARIO Agm)				Índice de Norton	ÍNDICE WEBBER	EQUIVALENT R DE ARENA	% DE CARAS FRACTURADAS	% ABRASION	UTILIZACION	
		KILOMETRO	ACCESO	LADO					PARA MALLA #4	PARA MALLA #200	AARITO	BUCE	10% de M.D.4	99% de M.D.5		Agregado Grueso	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agregado Fino	SUJTO		COMPACTADO									
		m																			Orono	Fino	Orono	Fino							
1	Quebrera 'Saperanga'	57 + 500	700	E	17	MP	MP	7.2	44.6	1.6	A-1-A-10	OP	79	44	2.36	2.5	2.0	2.637	2.567	0.9	0.8	1709	1600	1771	1810	3.7	5 a 9	35.5	28.0	14.1	Salitre, Base gruesa, Base gruesa, Mezcla de cemento y Mezcla asfáltica en caliente
2	Quebrera 'San Juan'	66 + 840	700	D	16	MP	MP	4.8	39.4	2.1	A-1-A-10	OP	71	38	11.40	-	-	2.571	2.566	0.4	-	1721	1648	1721	1648	3.5	-	34.0	-	-	Salitre y Base gruesa
3	Quebrera 'San Juan'	71 + 940	300	D	17	MP	MP	5.3	54.3	7.4	A-1-A-10	SP-UB	72	40	16.80	-	-	2.682	-	0.3	-	1650	1716	1727	1921	3.5	-	23.3	-	-	Salitre y Base gruesa

NORMAS DE CALIDAD PARA CONCRETO ASFÁLTICO

ENSAYOS	REQUERIMIENTO
<b>REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS GRUESOS</b>	
Durabilidad (sulfato de sodio)	12% máx
Abrasion (Los Angeles)	40% máx
Partículas chatas y alargadas	10% máx
Absorción de agua	1% máx

<b>REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS FINOS</b>	
Durabilidad (sulfato de sodio)	12% máx
Equivalencia de arena	50% mín
Agresividad (Riedel Webber)	4% mín
Índice de Plasticidad	MP
Absorción de agua	1% máx

# **ANEXOS**

## **DISEÑO DEL PAVIMENTO**

# **ANEXOS**

## **DISEÑO PARA 10 AÑOS**

### CUADRO A3.1.1

#### CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO EXISTENTE

**PROYECTO:** Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

**ZONA:** 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

**TRAMO:** 2 : Cocachacra - Matucana

**UBICACIÓN:** km 52+948.58 al km 56+000

SECCIÓN	UBICACIÓN (km)	LONGITUD (km)	CARPETA ASFÁLTICA (cm)	BASE GRANULAR (cm)	SUBBASE GRANULAR (cm)	ESPESOR TOTAL (cm)
1	52+948 - 56+000	3,05	20,0	20,0	0,0	40,0

## CUADRO A3.1.2

### MÓDULOS RESILIENTES CALCULADOS USANDO EL CBR DE LABORATORIO

**PROYECTO:** Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

**ZONA:** 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

**TRAMO:** 2 : Cocachacra - Matucana

**UBICACIÓN:** km 52+948.58 al km 56+000

CALICATA	PROGRESIVA	MUESTRA	PROFUND. (m)	CLASIFICACIÓN		Proctor Modificado		COMPACT. (1) (%)	CBR (2) (%)	MR (3) (ksi)
				SUCS	AASHTO	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)			
31	53+000	3	0.70-1.50	SM-SC	A-1-a	2,23	6,8	94	22	13,6
32	53+500	2	0.60-1.50	GW-GM	A-1-a	2,27	6,6	95	49	17,1
33	54+000	2	0.40-1.50	GP-GW	A-1-a	2,25	5,2	89	36	15,7
35	55+300	2	0.40-1.50	GP-GM	A-1-a	2,25	6,1	93	36	15,7
36	55+860	2	0.45-1.50	GP-GM	A-1-a	2,29	6,2	94	48	17,0
Percentil (90%)										15,4

#### NOTAS EXPLICATIVAS

- (1) PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN QUE CORRESPONDE A LA DENSIDAD DE CAMPO
- (2) CBR CALCULADO PARA LA DENSIDAD DE CAMPO DEL SUELO Y PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"
- (3) MÓDULO DE RESILIENCIA CALCULADO USANDO LOS VALORES DE CBR Y LAS ECUACIONES DE CORRELACIÓN OBTENIDAS EN EL BOLETÍN TÉCNICO "CAMINOS" DEL INSTITUTO PANAMERICANO DE CARRETERAS, SEGUNDO TRIMESTRE 1998 (PUBLICACIÓN Nº FHWA-PL-98-029).

### CUADRO A3.1.3

#### NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO DEL PAVIMENTO (PROCEDIMIENTO ASUMIENDO COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE ACUERDO AL ESTADO DE LOS MATERIALES)

PROYECTO: Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

ZONA: 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

TRAMO: 2 : Cocachacra - Matucana

UBICACIÓN: km 52+948.58 al km 56+000

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
SECCIÓN	UBICACIÓN (km)	CARPETA ASFÁLTICA (cm)	COEF. ESTRUCT. (a <sub>1</sub> )	BASE GRANULAR (cm)	COEF. ESTRUCT. (a <sub>2</sub> )	SUBBASE GRANULAR (cm)	COEF. ESTRUCT. (a <sub>3</sub> )	SN <sub>EFFECT</sub>
1	52+948 - 56+000	20,0	0,38	20,0	0,12	0,0	0,10	3,94

#### NOTAS ACLARATORIAS

(1)(3)(5) Espesores geométricos de las capas del pavimento existente.

(2)(4)(6) Coeficientes estructurales de los materiales actuales, asumidos de acuerdo al estado de deterioro o contaminación

(7) Número Estructural Efectivo del pavimento actual  $(1) \times (2) + (3) \times (4) + (5) \times (6)$

Todos los espesores se convierten a pulgadas.

### CUADRO A3.1.4

#### MÉTODO AASHTO (USANDO MR CALCULADO CON CBR)

PROYECTO: Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

ZONA: 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

TRAMO: 2 : Cocachacra - Matucana

UBICACIÓN: km 52+948.58 al km 56+000

PERÍODO : 10 AÑOS

TRÁFICO :  $EAL_{10} = 1,75E+07$

SECCIÓN	UBICACIÓN (km)	MÓDULO RESILIENTE (ksi)	SN <sub>REQ</sub> TOTAL	SN <sub>EFFECT</sub>	SN <sub>REF</sub>	ESPEJOR REFUERZO (cm) <sup>(1)</sup>
1	52+948 - 56+000	15,40	4,60	3,94	0,66	3,8

(1) Espesor de refuerzo en centímetros de concreto asfáltico con un  $a_1=0.44$ .iguales

## CUADRO A3.1.5

### INSTITUTO DEL ASFALTO

PROYECTO: Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

ZONA: 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

TRAMO: 2 : Cocachacra - Matucana

UBICACIÓN: km 52+948.58 al km 56+000

PERÍODO : 10 AÑOS

TRÁFICO : EAL10= 1,75E+07

SECCIÓN	UBICACIÓN (km)	DEFLEXIÓN MÁXIMA (0.01 mm) Xp	DESV. STANDARD (0.01 mm) s	DEFLEXIÓN REPRESEN. (0.01 mm) RRD	REFUERZO REQUERIDO (cm)(1)
1	52+948 - 54+700	24,90	8,75	42,4	0,8
2	54+700 - 55+200	33,80	14,99	63,8	6,9
3	55+200 - 56+000	22,00	10,29	42,6	0,9

(1) REFUERZO= 148.79 Ln (RRD) + 135.91, para ESAL=1.75x107

Refuerzo en mm, RRD en mm

### CUADRO A3.1.6

#### CUADRO DE RESULTADOS DE ESPESORES DE REFUERZO(1)

PROYECTO: Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

ZONA: 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

TRAMO: 2 : Cocachacra - Matucana

UBICACIÓN: km 52+948.58 al km 56+000

PERÍODO : 10 AÑOS

TRÁFICO : EAL10= 1,75E+07

SECCION	UBICACIÓN (km)	MÉTODO		REFUERZO ADOPTADO (cm)
		AASHTO CBR	INSTITUTO ASFALTO	
1	52+948 - 54+700	3,8	0,8	3,8
2	54+700 - 55+200	3,8	6,9	3,8
3	55+200 - 56+000	3,8	0,9	3,8

(1) ESPESORES DE REFUERZO EN CENTÍMETROS DE CONCRETO ASFÁLTICO

# **ANEXOS**

## **DISEÑO PARA 20 AÑOS**

### CUADRO A3.2.1

#### CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO EXISTENTE

**PROYECTO:** Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

**ZONA:** 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

**TRAMO:** 2 : Cocachacra - Matucana

**UBICACIÓN:** km 52+948.58 al km 56+000

SECCIÓN	UBICACIÓN (km)	LONGITUD (km)	CARPETA ASFÁLTICA (cm)	BASE GRANULAR (cm)	SUBBASE GRANULAR (cm)	ESPESOR TOTAL (cm)
1	52+948 - 56+000	3,05	20,0	20,0	0,0	40,0

## CUADRO A3.2.2

### MÓDULOS RESILIENTES CALCULADOS USANDO EL CBR DE LABORATORIO

**PROYECTO:** Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

**ZONA:** 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

**TRAMO:** 2 : Cocachacra - Matucana

**UBICACIÓN:** km 52+948.58 al km 56+000

CALICATA	PROGRESIVA	MUESTRA	PROFUND. (m)	CLASIFICACIÓN		Proctor Modificado		COMPACT. (1) (%)	CBR (2) (%)	MR (3) (ksi)
				SUCS	AASHTO	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)			
31	53+000	3	0.70-1.50	SM-SC	A-1-a	2,23	6,8	94	22	13,6
32	53+500	2	0.60-1.50	GW-GM	A-1-a	2,27	6,6	95	49	17,1
33	54+000	2	0.40-1.50	GP-GW	A-1-a	2,25	5,2	89	36	15,7
35	55+300	2	0.40-1.50	GP-GM	A-1-a	2,25	6,1	93	36	15,7
36	55+860	2	0.45-1.50	GP-GM	A-1-a	2,29	6,2	94	48	17,0
Percentil (90%)										15,4

#### NOTAS EXPLICATIVAS

- (1) PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN QUE CORRESPONDE A LA DENSIDAD DE CAMPO
- (2) CBR CALCULADO PARA LA DENSIDAD DE CAMPO DEL SUELO Y PARA UNA PENETRACIÓN DE 0.2"
- (3) MÓDULO DE RESILIENCIA CALCULADO USANDO LOS VALORES DE CBR Y LAS ECUACIONES DE CORRELACIÓN OBTENIDAS EN EL BOLETÍN TÉCNICO "CAMINOS" DEL INSTITUTO PANAMERICANO DE CARRETERAS, SEGUNDO TRIMESTRE 1998 (PUBLICACIÓN Nº FHWA-PL-98-029).

### CUADRO A3.2.3

#### NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO DEL PAVIMENTO (PROCEDIMIENTO ASUMIENDO COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE ACUERDO AL ESTADO DE LOS MATERIALES)

**PROYECTO:** Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

**ZONA:** 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

**TRAMO:** 2 : Cocachacra - Matucana

**UBICACIÓN:** km 52+948.58 al km 56+000

		<b>①</b>	<b>②</b>	<b>③</b>	<b>④</b>	<b>⑤</b>	<b>⑥</b>	<b>⑦</b>
<b>SECCIÓN</b>	<b>UBICACIÓN</b> (km)	<b>CARPETA ASFÁLTICA</b> (cm)	<b>COEF. ESTRUCT.</b> (a <sub>1</sub> )	<b>BASE GRANULAR</b> (cm)	<b>COEF. ESTRUCT.</b> (a <sub>2</sub> )	<b>SUBBASE GRANULAR</b> (cm)	<b>COEF. ESTRUCT.</b> (a <sub>3</sub> )	<b>SN<sub>EFFECT</sub></b>
1	52+948 - 56+000	20,0	0,38	20,0	0,12	0,0	0,10	3,94

**NOTAS ACLARATORIAS**

(1)(3)(5) Espesores geométricos de las capas del pavimento existente.

(2)(4)(6) Coeficientes estructurales de los materiales actuales, asumidos de acuerdo al estado de deterioro o contaminación

(7) Número Estructural Efectivo del pavimento actual  $(1) \times (2) + (3) \times (4) + (5) \times (6)$

Todos los espesores se convierten a pulgadas.

### CUADRO A3.2.4

#### MÉTODO AASHTO (USANDO MR CALCULADO CON CBR)

PROYECTO: Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

ZONA: 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

TRAMO: 2 : Cocachacra - Matucana

UBICACIÓN: km 52+948.58 al km 56+000

PERÍODO : 20 AÑOS

TRÁFICO :  $EAL_{20} = 4,19E+07$

SECCIÓN	UBICACIÓN (km)	MÓDULO RESILIENTE (ksi)	SN <sub>REQ</sub> TOTAL	SN <sub>EFFECT</sub>	SN <sub>REF</sub>	ESPESOR REFUERZO (cm) <sup>(1)</sup>
1	52+948 - 56+000	15,4	5,24	3,94	1,30	7,5

(1) Espesor de refuerzo en centímetros de concreto asfáltico con un  $a_1=0.44$ .iguales

## CUADRO A3.2.5

### INSTITUTO DEL ASFALTO

**PROYECTO:** Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

**ZONA:** 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

**TRAMO:** 2 : Cocachacra - Matucana

**UBICACIÓN:** km 52+948.58 al km 56+000

**PERÍODO** : 20 AÑOS

**TRÁFICO** : EAL20= 4,19E+07

SECCIÓN	UBICACIÓN (km)	DEFLEXIÓN MÁXIMA (0.01 mm) $X_p$	DESV. STANDARD (0.01 mm) s	DEFLEXIÓN REPRESEN. (0.01 mm) RRD	REFUERZO REQUERIDO (cm)(1)
1	52+948 - 54+700	24,90	8,75	42,4	3,9
2	54+700 - 55+200	33,80	14,99	63,8	10,6
3	55+200 - 56+000	22,00	10,29	42,6	4,0

(1) REFUERZO= 163.89 Ln (RRD) + 179.47, para ESAL=4.19x107

Refuerzo en mm, RRD en mm

### CUADRO A3.2.6

#### CUADRO DE RESULTADOS DE ESPESORES DE REFUERZO<sup>(1)</sup>

**PROYECTO:** Estudio de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

**ZONA:** 1 : Puente Ricardo Palma - La Oroya

**TRAMO:** 2 : Cocachacra - Matucana

**UBICACIÓN:** km 52+948.58 al km 56+000

**PERÍODO :** 20 AÑOS

**TRÁFICO :** EAL<sub>20</sub>= 4,19E+07

SECCIÓN	UBICACIÓN (km)	MÉTODO		REFUERZO ADOPTADO (cm)
		AASHTO CBR	INSTITUTO ASFALTO	
1	52+948 - 56+000	7,5	3,9	7,5

(1) ESPESORES DE REFUERZO EN CENTÍMETROS DE CONCRETO ASFÁLTICO