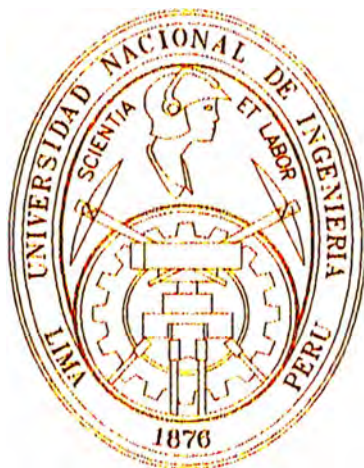


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA
CARRETERA COCACHACRA - MATUCANA
DEL KM. 67+000 AL KM 70+000

ANALISIS DE LA VIDA UTIL MAS CONVENIENTE A SER EMPLEADA
EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO CIVIL

Ronald Omar Paredes Prieto

Lima - Perú

2006

INDICE

	Pag.
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I : ANTECEDENTES	10
I.1 ALCANCES	11
I.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO	15
I.3 INGENIERIA DE TRANSITO	18
I.4 DISEÑO GEOMETRICO	26
I.5 ESTUDIO DE GEOLOGIA Y GEOTECNIA	31
I.5.1 ESTUDIO DE GEOLOGIA	31
I.5.2 ESTUDIO DE GEOTECNIA	32
I.6 ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	35
I.6.1 ESTUDIO HIDROLOGICO	35
I.6.2 ESTUDIO HIDRAULICO	41
I.7 SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	42
I.8 EVALUACION ECONOMICA	43
I.9 IMPACTO AMBIENTAL	46
CAPITULO II : DISEÑO DE PAVIMENTOS	48
II.1 METODO AASHTO	49
II.1.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	49
II.1.2 PARÁMETROS DE DISEÑO	50
II.1.3 DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA 5 AÑOS	54
II.1.4 DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA 10 AÑOS	56
II.1.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA 15 AÑOS	58
II.1.6 DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA 20 AÑOS	60
II.2 MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	62

II.2.1	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	62
II.2.2	PARAMETROS DE DISEÑO	63
II.2.3	DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA 5 AÑOS	64
II.2.4	DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA 10 AÑOS	64
II.2.5	DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA 15 AÑOS	65
II.2.6	DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA 20 AÑOS	65
II.3	MEZCLAS BITUMINOSAS	66
II.3.1	DEFINICIÓN	66
II.3.2	CLASIFICACIÓN	66
II.3.3	SELECCION DEL TIPO DE MEZCLA	67
II.3.4	MEZCLA EN CALIENTE CON ASFALTO DE PENETRACION 60-70	70
II.3.5	MEZCLA EN FRIO CON ASFALTO LIQUIDO RC-250	71
II.3.6	MEZCLA EN FRIO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA	72
II.4	COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS	73
II.5	ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL MÁS CONVENIENTE A SER EMPLEADA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.	74
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFÍA	83
	ANEXOS:	84
I.	Panel Fotográfico	85
II.	Mapa Red Vial	87
III.	Abaco Design Chart A-6 – Instituto del Asfalto	88

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se propone diseños de pavimentos para vidas útiles de 5, 10, 15 y 20 años, mediante el método AASHTO y del INSTITUTO DEL ASFALTO y se realiza un “análisis de la vida útil más conveniente a ser empleada en el diseño de pavimentos” para cualquier zona perteneciente a la carretera Cocachacra – Matucana y en general a todo lo largo de la Carretera Central, pudiendo servir esta información de apoyo para los proyectos posteriores que se pudiesen realizar en dicha carretera.

CAPITULO I: ANTECEDENTES

Comprende el Resumen ejecutivo del proyecto “Mejoramiento del Flujo Vehicular en la Carretera Cocachacra – Matucana (del Km. 67+000 al Km. 70+000) que fue desarrollado a lo largo del taller de infraestructura vial, el cual fue complementado con una evaluación superficial de las características actuales de la vía.

CAPITULO II: DISEÑO DE PAVIMENTOS

Comprende el diseño de pavimentos para vidas útiles de 10 años y 20 años mediante los el método AASHTO y el método del INSTITUTO DEL ASFALTO, haciendo una comparación en base a los resultados obtenidos por ambos métodos y se hace análisis de la vida útil más conveniente a ser empleada en el diseño del pavimento.

- METODO AASHTO

ESTRUCTURA KM 67+150 – KM 67+630	PERIODO DE DISEÑO	
	10 AÑOS	20 AÑOS
CARPETA ASFALTICA (cm)	15.00	15.00
BASE GRANULAR (cm)	21.50	32.00

- **METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO**

ESTRUCTURA KM 67+150 – KM 67+630	PERIODO DE DISEÑO	
	10 AÑOS	20 AÑOS
CARPETA ASFALTICA (cm)	27.50	32.50
BASE GRANULAR (cm)	30.00	30.00

La metodología AASHTO introduce más parámetros al momento de diseñar la estructura del pavimento, lo que permite al Ingeniero tomar los parámetros adecuados de tal manera que se ajusten a las condiciones del medio donde se construirá la estructura. En cambio el INSTITUTO DEL ASFALTO presenta una serie de monogramas a condiciones de esfuerzo-deformación-clima establecidas de tal manera que introduciendo dos parámetros se puede obtener una estructura de pavimento.

- **ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL MÁS CONVENIENTE A SER EMPLEADA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.**

Estando en pie de ejecución el proyecto de una carretera tan importante a nivel sudamericano como es “La carretera Inter-Oceánica”, la carretera Cocachacra – Matucana que es parte de la Carretera Central será una de las vías que se conectará a la magna carretera, lo cual traerá como consecuencia que, ha un futuro relativamente cercano, la carretera Cocachacra – Matucana tenga una mayor afluencia vehicular que la proyectada con los datos del estudio de tráfico existente a la fecha, provocando que el Tráfico de diseño (EAL) empleado en el diseño de pavimentos sufra una variabilidad en el momento en que la carretera Inter-Oceánica entre en funcionamiento.

Ante un incremento de afluencia vehicular, no convendría diseñar en la actualidad un pavimento para 20 años que es lo que usualmente se hace en una carretera de pavimento flexible (Así como se desarrolló en el

proyecto del taller), sino más bien convendría diseñarlo para un tiempo menor, ya que se obtendría una estructura más económica.

Por todo lo mencionado anteriormente podemos concluir que la vida útil más conveniente a ser empleada en el diseño de pavimentos, para cualquier zona perteneciente a la carretera Cocachacra – Matucana y en general a todo lo largo de la Carretera Central, es de un periodo de 10 años, y cuya estructura para el proyecto “Mejoramiento del Flujo Vehicular en la Carretera Cocachacra – Matucana (del Km. 67+000 al Km. 70+000) que fue desarrollado a lo largo del taller de infraestructura vial sería la siguiente:

METODO AASHTO

ESTRUCTURA KM 67+150 – KM 67+630	PERIODO DE DISEÑO
	10 AÑOS
CARPETA ASFALTICA (cm)	15.00
BASE GRANULAR (cm)	21.50

INTRODUCCION

INTRODUCCIÓN

A lo largo del taller de infraestructura vial del curso de Titulación por Actualización de Conocimientos de la Universidad Nacional de Ingeniería, se desarrolló un estudio del “Proyecto Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Cocachacra – Matucana (Km. 52+948.61 – 74+295.80)”. Con fines pedagógicos este proyecto, que comprende aproximadamente 21 Km. de longitud, fue sectorizado en 10 tramos de 3 Km. cada uno, desarrollando el grupo N° 08 el estudio del tramo Km. 67+000 – Km. 70+000 del proyecto en mención.

Dicho estudio consistió en la recopilación de información habida tanto en entidades estatales como particulares además de una investigación en campo realizada en diciembre del 2,005 donde se pudo analizar las condiciones actuales de la carretera.

En el desarrollo del estudio nuestro grupo propuso 03 alternativas para el mejoramiento del flujo vehicular de las cuales se optó por desarrollar el proyecto de la construcción de un “Carril de Ascenso en el Km. 67+150 - 67+630” por ser la alternativa más económicamente viable y que puede servir de proyecto piloto para emplearse en diferentes sectores a lo largo de la Carretera Central. Este proyecto fue desarrollado teniendo en cuenta los criterios técnicos y la normatividad vigente, cuyo contenido consta de seis volúmenes en los cuales está incluido la evaluación de las condiciones actuales de la Cocachacra – Matucana desde el Km. 67+000 – Km. 70+000.

Durante el desarrollo del proyecto, se pudo analizar la importancia que tendrá la carretera en estudio, ya que estando en pie de ejecución el proyecto de una carretera tan importante a nivel sudamericano como es **“La carretera Inter-Oceánica”**, la carretera Cocachacra – Matucana que es parte de la Carretera Central será una de las vías que se conectará a la magna carretera, lo cual traerá como consecuencia que, ha un futuro relativamente cercano, la carretera Cocachacra – Matucana tenga una mayor afluencia vehicular que la proyectada con los datos del estudio de tráfico existente a la fecha, provocando que el Tráfico de diseño (EAL) empleado en el diseño de pavimentos sufra una

variabilidad en el momento en que la carretera Inter-Oceánica entre en funcionamiento.

Es por tal motivo que se ha elegido como tema para el informe de suficiencia hacer un **“Análisis de la vida útil más conveniente a ser empleada en el diseño de pavimentos”**, ya que ante un posible incremento de afluencia vehicular, no convendría diseñar en la actualidad un pavimento para 20 años que es lo que usualmente se hace en una carretera de pavimento flexible (Así como se desarrolló en el proyecto del taller), sino más bien convendría diseñarlo para un tiempo menor, ya que se obtendría una estructura mas económica.

Objetivo.- En el presente informe tiene como objetivo proponer diseños de pavimentos para vidas útiles de 5, 10, 15 y 20 años, mediante las metodologías AASHTO versión 1993 y la del INSTITUTO DEL ASFALTO, haciendo una comparación en base a los resultados obtenidos por ambos métodos, así como también realizar un análisis de la vida útil más conveniente a ser empleada en el diseño de pavimentos” para cualquier zona perteneciente a la carretera Cocachacra – Matucana y en general a todo lo largo de la Carretera Central, pudiendo servir esta información de apoyo para los proyectos posteriores que se pudiesen realizar en dicha carretera.

Contenido.- Consta principalmente de los siguientes capítulos:

- **Capitulo I: Antecedentes.-** comprende el resumen ejecutivo del proyecto “Mejoramiento del Flujo Vehicular en la Carretera Cocachacra - Matucana (del Km. 67 al Km. 70)” que fue desarrollado a lo largo del taller de infraestructura vial, el cual fue complementado con una evaluación superficial de las características actuales de la vía.
- **Capitulo II: Diseño de Pavimentos.-** Comprende el diseño de pavimentos para vidas útiles de 5, 10, 15 y 20 años mediante los el método AASHTO y el método del INSTITUTO DEL ASFALTO, haciendo una comparación en base a los resultados obtenidos por ambos métodos y se hace análisis de la vida útil más conveniente a ser empleada en el diseño del pavimento.

CAPITULO I: ANTECEDENTES

I.1 ALCANCES

Teniendo como base los lineamientos establecidos durante la implementación del Curso Integrador Tipo Taller en el área de Infraestructura Vial, fueron desarrollados los estudios de Ingeniería de la Carretera Héroes de la Breña (Carretera Central), en el Tramo “Cocachacra – Matucana”, los cuales fueron complementados con una evaluación superficial de las características actuales de la vía.

Adicionalmente y teniendo como principal herramienta de análisis el reconocimiento de campo realizado en Diciembre del 2005, se plantearon tres alternativas con el objetivo de mejorar el tránsito de carretera, caracterizado por largas colas de vehículos en el carril de subida, (en dirección a la sierra central), ocasionadas principalmente por las particularidades que presenta el diseño geométrico y la lentitud con la que circulan los vehículos que transportan carga pesada, muy característicos de la zona. De las tres alternativas planteadas se desarrolló un Carril de ascenso, cuyo trabajo final está contenido en seis volúmenes los cuales mencionamos a continuación:

Proyecto “Carril de Ascenso”,

VOLUMEN I : RESUMEN EJECUTIVO

VOLUMEN II : INGENIERIA DEL PROYECTO

VOLUMEN III : ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

VOLUMEN IV : EXPEDIENTE TECNICO

VOLUMEN V : EVALUACION ECONOMICA

VOLUMEN VI : PLANOS.

I.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DEL PROYECTO

I.1.1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

El proyecto tiene 21.3 Km. de longitud, forma parte de la Carretera Héroes de la Breña y se encuentra ubicado en el departamento de Lima, provincia de Huarochiri, distrito de Matucana.

Los datos precisos de longitud son los siguientes:

Ubicación

Inicio:	Km. 52+948.61 de la Carretera Central.
Final:	Km. 74+295.80.
Longitud:	21 Km. + 347.19 m.

I.1.1.2 ASPECTOS GEOPOLITICOS

La provincia de Huarochirí contiene íntegramente la Carretera Cocachacra Matucana, teniendo al norte a la Provincia de Canta, al Suroeste a la provincia de Lima y al Noreste al departamento de Junín.

La carretera en su longitud recorre los poblados de Cocachacra, San Bartolomé, Surco, Matucana y les permite a pueblos como Santiago de Tuna, San Andrés de Tuficocha, San Damián, todos pertenecientes a la provincia de Huarochiri, alejados del área de influencia directa de la carretera poder acceder con sus productos agrícolas a los mercados de la capital y zonas de la selva y sierra central.

I.1.2 ANALISIS Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Uno de los problemas detectados en la zona de estudio son las colas de vehículos que se forman en la dirección de subida debido a la disminución en la velocidad de los vehículos pesados. Como alternativas de solución para este problema planteamos las siguientes:

- a) **Primera Alternativa; Construcción de Un Tercer Carril a lo largo del tramo en estudio, en el margen derecho, es decir, para la subida, dando de esta manera mayor fluidez a los vehículos ligeros que tendrían plena facilidad de adelantar a los vehículos pesados, de presentarse la necesidad. Esta alternativa implicaría cortes y rellenos a lo largo de la margen derecha de la vía, significando además la construcción de muros de contención, así como la ampliación de todas las alcantarillas que cruzan la carretera.**

- b) **Segunda Alternativa; Construcción de Vía Alterna, la cual se ubicaría en la margen opuesta del río, para que los vehículos ligeros tengan la opción de otra ruta, la cual estaría libre de vehículos pesados, así podrían desplazarse rápidamente. Para este caso se necesitaría construir 2 puentes, uno para salir de la vía actual y cruzar el río y otro puente para regresar, además de los cortes y relleno que se requieran según la topografía.**

- c) **Tercera Alternativa; Construcción de Carril de Ascenso, en una zona preferentemente recta de la vía (en planta), a lo largo de cerca de 500m., por la cual pasarían los vehículos pesados, evitando así que obstruyan el paso a los vehículos ligeros, los cuales podrían continuar con mayor velocidad. Se tendrían que ampliar las alcantarillas que cruzan la vía en el tramo de su construcción, además puede necesitarse hacer cortes y rellenos, siempre dentro de la longitud del carril.**

Luego de realizada la evaluación respectiva, se decide optar por la Tercera alternativa, la cual fue desarrollada en toda su amplitud y de acuerdo a los lineamientos técnicos correspondientes.

I.1.3 CONSTRUCCION DE CARRIL DE ASCENSO

I.1.3.1 LINEAMIENTOS GENERALES

La infraestructura vial del proyecto es concebida para solucionar el problema del congestionamiento de vehículos, en los tramos de pendiente elevada, mantenida por tramos largos. En tal sentido:

- a) El carril de ascenso, dota de mayor servicialidad al tráfico vehicular de subida, por cuanto ofrece a los vehículos pesados una vía por donde desplazarse, permitiendo a los vehículos ligeros mantener su velocidad mayor.
- b) La visibilidad se vería favorecida al tener un mayor ancho general de la vía

I.1.3.2 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

El proyecto consiste en un carril de ascenso en la margen derecha de la vía actual, con un ancho de 3.60 m. y una longitud aproximada de 500 m.

Se requiere de una serie de cortes y rellenos en el terreno actual para conseguir una plataforma adecuada al ancho al requerido, adecuando la topografía a la nueva sección transversal de diseño. A lo largo del carril, se ampliarán las alcantarillas que cruzan la vía, para alcanzar el nuevo ancho, así mismo se demolerán las obras de arte como cunetas que están al margen derecho de la vía actual, para ser reemplazadas por otras en la nueva margen de la vía en las zonas que se requiere, según el estudio

hidrológico. Se construirán muros de contención en las zonas que se requiere.

Se pavimentará el nuevo carril según diseño, así mismo se efectuará la señalización y se colocarán los respectivos elementos de seguridad vial.

I.1.3.3 ASPECTOS DEL DISEÑO

a) GEOMETRIA

Para el diseño geométrico se ha utilizado el “Manual de Diseño geométrico de carreteras DG-2,001”

b) ESTRUCTURAS

Para el diseño de estructuras se ha considerado el tren de carga HL-93 de la Norma Americana AASHTO LRFD, e su última edición (Load and Resistance Factor Design)

c) PAVIMENTOS

El diseño de pavimentos se realiza utilizando la metodología AASHTO 1,993

d) SEÑALIZACION

Se ha utilizado para la señalización, el “Manual de Dispositivos de Control del tránsito Automotor Para Calles y Carreteras”.

I.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

I.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL AREA DEL PROYECTO

I.2.1.1 RED Y SISTEMA DE TRANSPORTE

La carretera Puente Ricardo Palma - Oroya forma parte de la Ruta del Sistema Nacional N° 20 que se inicia en el Ovalo Santa Anita, continua por Matucana, 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.

Las carreteras alternas son la Ruta N° 16 que se inicia en Huacho y llega a Ambo en el departamento de Huanuco, la carretera 18 que parte de Lima y pasando por Canta, empalma con la carretera longitudinal de la sierra norte en Unish y la carretera N° 22 que conecta Cañete en el departamento de Lima con Huancayo.

El Tramo II, materia de este estudio, forma parte de la Carretera Pte. Ricardo Palma - Oroya. Este tramo se inicia en Cocrachacra y termina en Matucana. Ver gráfico N° 2.

I.2.2 OBJETIVOS

En el presente trabajo se procederá a verificar los datos tomados en las encuestas realizadas para la elaboración del Estudio de Rehabilitación de las carreteras afectadas por “El Niño” – MTC – SINMAC - JBIC

El estudio de tráfico esta 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:

1.2.2.1 En Campo

- a) Conteos vehiculares en estaciones previstas.**
- b) Encuestas de Origen y Destino de vehículos de carga y pasajeros.**

1.2.2.2 En gabinete

- a) Calculo de los factores de corrección y del IMDA**
- b) 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.**
- c) Calculo de las Tasas de Crecimiento.**
- d) Calculo de Trafico Total Proyectado.**
- e) Calculo de los Factores Destructivos y de los Ejes Equivalentes Acumulados.**

Los resultados de los trabajos antes señalados están organizados de la siguiente manera:

- Estudio Volumétrico**
- Encuestas de Origen y Destino Proyecciones de Trafico**
- Cargas por Eje**
- Ejes Equivalentes Acumulados**

La información detallada se describe en el capítulo II - Vol. II, del trabajo de taller desarrollado en el curso de Titulación 2005.

I.3 INGENIERIA DE TRANSITO

I.3.1 ESTUDIO VOLUMETRICO

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 tramos homogéneos.

I.3.2 TRAMOS HOMOGENEOS

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 considerara las variaciones significativas.

El tramo homogéneo de tráfico Ricardo Palma - Matucana comprende el tramo en construcción Cocachacra - Matucana.

I.3.2.1 UBICACION DE LA ESTACION DE CONTROL

En este tramo se ubico una estación de clasificación de tráfico en la que se realizó conteos clasificados continuos.

Estación: C-3
Tramo: Puente. Ricardo Palma - Matucana
Ubicación: Unidad de Peaje de Corcona
Progresiva 48+250
Duración: 4 días
Fechas: Del 16 al 22 de enero del 2006

I.3.2.2 ESTIMACION DEL TRÁFICO ACTUAL

El cálculo del Índice medio diario se ha efectuado promediando los valores obtenidos de los registros de peaje para cada DIA de la semana. El IMDA obtenido se ha ajustado con los factores de expansión - FEX, para calcular la composición vehicular y 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 formula:

$$\text{Promedio diario} = \frac{(\text{VJ} + \text{VV})/2 * 5 + \text{VS} + \text{VD} \times \text{FCE}}{7}$$

Donde VJ, VV, VS y VD 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 2005 del cuadro N° 5, que sirve para eliminar las fluctuaciones del tráfico durante el resto del año.

CUADRO N° 4

PROMEDIOS DIARIOS DE TRÁFICO - PEAJE DE CORCONA MES DE ENERO 2006

DIAS	VEHICULOS	VEHICULOS PESADOS						I.M.D.
		2 EJES	3 EJES	4 EJES	5 EJES	6 EJES	TOTAL	
LUNES 16	1051	1149	458	76	259	320	2262	3313
MARTES 17	1098	1217	517	95	251	313	2393	3491
MIERCOLES 18	1143	1285	521	98	220	300	2424	3567
JUEVES 19	1090	1269	494	75	249	324	2411	3501
VIERNES 20	1337	1395	552	69	257	333	2606	3943
SABADO 11	1282	1279	493	64	192	260	2288	3570
DOMINGO 22	1363	1012	406	52	186	239	1895	3258
IMD	1195	1229	492	76	231	298	2326	3520

Fuente: Estudio de Rehabilitación de las Carreteras afectadas por El Niño.

CUADRO N° 5

SERIES HISTORICAS DE FACTORES DE CORRECCION ESTACIONAL

AÑO		VEHICULOS LIGEROS	VEHICULOS PESADOS					TOTAL
			2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes	
2000	IMD ENERO	1444	1368	511	94	198	230	2400
	IMDA	1355	1202	437	83	195	233	2151
	FCE ENERO	0.94	0.88	0.86	0.89	0.99	1.01	0.896
2001	IMD ENERO	1270	1182	468	104	157	140	2052
	IMDA	1193	1103	423	79	144	137	1886
	FCE ENERO	0.94	0.93	0.90	0.76	0.92	0.98	0.919
2002	IMD ENERO	1127	1127	459	72	137	95	1889
	IMDA	1087	1039	411	71	132	98	1750
	FCE ENERO	0.96	0.92	0.90	0.99	0.96	1.03	0.926
2003	IMD ENERO	1038	1071	445	83	137	78	1814
	IMDA	1021	1009	383	76	134	78	1681
	FCE ENERO	0.98	0.94	0.86	0.91	0.98	1.01	0.927
2004	IMD ENERO	974	1055	442	74	114	14	1699
	IMDA	941	1000	376	76	118	15	1585
	FCE ENERO	0.966	0.95	0.85	1.02	1.03	1.05	0.932
2005	IMD ENERO	797	1073	347	54	81	4	1560
	IMDA	778	938	318	58	90	7	1411
	FCE ENERO	0.98	0.87	0.91	1.08	1.11	1.64	0.905

Valores adoptados: vehículos ligeros 0.966, vehículos pesados 0.932 del año 2005

I.3.2.3 FACTOR DE EXPANSIÓN FEX

El factor de expansión FEX se ha calculado sobre la base de la clasificación vehicular

I.3.2.4 RESULTADOS

En el cuadro N° 6 se presentan los volúmenes de tráfico por día, dirección de circulación, tipo de vehículo y el I.M.D.A.

En el cuadro N° 7 se puede apreciar los IMDA por tipo de vehículo.

CUADRO N° 07
IMDA AÑO BASE (2005) POR TIPO DE VEHICULO

VEHICULO	COCACHACRA-MATUCANA
AUTOS	607
PICK UP	298
CAMIONTAS RURALES.	125
MICROS	125
BUS 2 EJES	272
BUS 3 EJES	122
CAMION 2 EJES CHICO	489
CAMION 2 EJES GRANDE	385
CAMION 3 EJES	337
CAMION 4 EJES	28
2S2	39
2S3	121
3S2	69
3S3	252
2T2	4
2T3	0
3T2	25
3T3	26
I.M.D.A.	3324

I.3.3 PROYECCION DE TRANSITO

El tráfico futuro generalmente esta 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.

I.3.3.1 TRÁFICO NORMAL

Este tipo de tráfico que esta utilizando actualmente la carretera en estudio y que ha tenido y tendrá un crecimiento vegetativo independientemente de las mejoras que se puedan

efectuar.

Se ha analizado las variaciones de tráfico entre los años 1993 y 2000 encontrando que el volumen de vehículos ligeros ha crecido en 7.68%, el volumen de vehículos pesados en 9.61% y el IMDA en 8.91%. Para el cálculo de estas tasas de crecimiento no se ha considerado el año de 1992 por haber estado ubicada la estación de control en el puente Ricardo Palma.

Por otro lado, se ha calculado las tasas de crecimiento del tráfico sobre la base de las variables socio económicas PBI, población y PBI per capita de los departamentos de Huancavelica, Lima, Junin, Pasco, Huanuco, Ucayali los cuales se han seleccionado basándose en los resultados de las encuestas de origen y destino.

1.3.3.2 TRÁFICO NORMAL PROYECTADO

Aplicando las formulas se ha determinado las siguientes tasas de crecimiento promedio anual.

CUADRO N° 8
TASAS DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO

PERIODOS	VEHICULOS LIGEROS	OMNIBUS	CAMIONES
2006-2017	5.8%	5.1 %	6.1 %
2018-2025	3.6%	3.1 %	3.9%

1.3.3.3 TRÁFICO INDUCIDO O GENERADO

Este tipo de tráfico es el que se presentara como consecuencia de rehabilitación en la superficie de rodadura. Se le denomina inducido porque es un tráfico que no existiría si no se efectúa las

mejoras de la carretera.

Las mejoras a realizar en la carretera Puente Ricardo Palma - Oroya, disminuirán los costos de operación de los vehículos, sin embargo no influyen en el volumen del tráfico existente.

I.3.3.4 TRÁFICO TOTAL

En el cuadro N° 9 se presentan las proyecciones con y sin proyecto Lima – Canta (ver página siguiente).

CUADRO N° 9
TRAFICO PROYECTADO
TRAMO COCACHACRA - MATUCANA

TASAS	PERIODO	Veh. Lig	Bus	Camiones
DE	2007-16	5.8%	5.1 %	6.1 %
CRECIMIENTO	2017-26	3.6%	3.1 %	3.9%

	2006	2007	2008	2009	2017	2018	2025
	AÑO BASE	CONSTRUCCION	AÑO1 DE OPERACION	AÑO2	AÑO10	AÑO11	AÑO20
TRAFICO				NORMAL			
AUTOS	599	634	670	709	1114	1154	1586
PICKUP	302	320	338	358	561	582	800
C.R.	127	134	142	150	236	245	336
MICROS	126	133	141	149	234	243	334
BUS 2 EJES	278	292	307	323	480	495	652
BUS 3 EJES	119	125	131	138	206	212	279
CAMION 2 EJES	868	921	977	1037	1665	1730	2441
CAMION 3 EJES	339	360	382	405	650	676	953
CAMIONES 4 EJES	30	32	34	36	58	60	84
ARTICULADOS	534	567	601	638	1024	1064	1502
TOTAL	3322	3517	3724	3943	6229	6460	8967
TRAFICO DERIVADO A LA CARRETERA LIMA				- CANTA - UNIS			
AUTOS				24	37	38	53
PICKUP				34	53	55	75
C.R.							
MICROS							
BUS 2 EJES				76	113	117	154
BUS 3 EJES							
CAMION 2 EJES				82	132	137	193
CAMION 3 EJES				79	127	131	186
CAMIONES 4 EJES							
ARTICULADOS				59	94	98	138
TOTAL				353	556	576	798
TRAFICO TOTAL SIN PROYECTO LIMA				- CANTA - UNISH			
AUTOS	599	634	670	709	1114	1154	1586
PICKUP	302	320	338	358	561	582	800
C.R.	127	134	142	150	236	245	336
MICROS	126	133	141	149	234	243	334
BUS 2 EJES	278	292	307	323	480	495	652
BUS 3 EJES	119	125	131	138	206	212	279
CAMION 2 EJES	868	921	977	1037	1665	1730	2441
CAMION 3 EJES	339	360	382	405	650	676	953
CAMIONES 4 EJES	30	32	34	36	58	60	84
ARTICULADOS	534	567	601	638	1024	1064	1502
TOTAL	3322	3517	3724	3943	6229	6460	8967
TRAFICO TOTAL CON PROYECTO LIMA-CANTA-UNISH							
AUTOS	599	634	670	686	1077	1116	1534
PICKUP	302	320	338	324	509	527	725
C.R.	127	134	142	150	236	245	336
MICROS	126	133	141	149	234	243	334
BUS 2 EJES	278	292	307	247	387	378	498
BUS 3 EJES	119	125	131	138	206	212	279
CAMION 2 EJES	868	921	977	955	1533	1593	2247
CAMION 3 EJES	339	360	382	326	524	544	768
CAMIONES 4 EJES	30	32	34	36	58	60	84
ARTICULADOS	534	567	601	579	930	967	1364
TOTAL	3322	3517	3724	3590	5673	5864	8169

I.3.4 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, se llevó 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 los días 4 y 5 de Mayo, el día 4 en la dirección Pte. Ricardo Palma-Oroya y el día 5 en la dirección Oroya-Pte. Ricardo Palma. Se utilizó una balanza portátil marca INTERCOM PT 300. Los resultados del Censo de cargas se presentan en el Cuadro N° 12-A y 12-B del apéndice y en los Cuadros N° 18 al 41 del apéndice se presenta la información del censo de cargas ordenada por tipo de vehículo y dirección de circulación.

I.3.4.1 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.

Los factores de corrección utilizados corresponden al nomograma de la Guía AASHTO ya citada y los cálculos se presentan en los Cuadros N° 13 y 14.

I.3.5 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 periodos. El primer periodo comprende el año de puesta en marcha del proyecto (2006) hasta el año 10 de vida útil (2015). El segundo periodo abarca del año 11 (2016) al año 20 (2025)

En los Cuadros siguientes N° 16 y 17 se presenta un resumen de los Ejes Equivalentes a 8.2 toneladas acumulados durante 10 años de vida 11'61 del pavimento (año 2006 - 2015) y durante los 10 años siguientes (año 2016-2025).

CUADRO N° 16
EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS
EALS SIN PROYECTO LIMA - CANTA - UNISH

DIRECCION	COCACHACRA- MATUCANA	MATUCANA- COCACHACRA
2007-2017	6.9 x 10 ⁶	12.4 x 10 ⁶
2017-2026	10.8x 10 ⁶	19.5x10 ⁶
2007-2026	17.7 x 10 ⁶	31.9 x 10 ⁶

CUADRO N° 17
EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS
EAL CON PROYECTO LIMA - CANTA - UNISH

DIRECCION	COCACHACRA- MATUCANA	MATUCANA- COCACHACRA
2007-2017	6.0 x 10 ⁶	10.9 x 10 ⁶
2017-2026	9.3 x 10 ⁶	17.1x10 ⁶
2007-2026	15.3 x 10 ⁶	28.1 x 10 ⁶

I.4 DISEÑO GEOMETRICO

El proyecto para mejorar el flujo vehicular en la Carretera Cocachacra – Matucana consiste de la construcción de un Carril de Ascenso.

El Carril de Ascenso inicia en el Km. 67+150 y se desarrolla a lo largo de la margen derecha de la vía existente, hasta el Km. 67+630.

I.4.1 TRAZO Y DISEÑO

Para el diseño geométrico se utilizó el Manual de Diseño

Geométrico de Carretas DG-2,001.

Como longitudes para la variación gradual del ancho de la calzada, al ingreso y a la salida del Carril de Ascenso, llamadas cuña de ingreso y cuña de salida, respectivamente, se tomaron las mínimas establecidas en el manual, las cuales son:

Longitud cuña de ingreso . 70.00 m.
Longitud cuña de salida : 100.00 m.

Luego de ubicar dentro de la zona de estudio el tramo recto más largo del que se disponía, el cual además tenía una plataforma disponible para el carril, se ubicaron las cuñas de ingreso y de salida en los extremos, teniendo como resultado:

Longitud de carril de ancho 3.60 m. 310.00 m.

La cual es mayor que la longitud mínima requerida según el manual, que es de 250.00 m.

1.4.2 PERFIL LONGITUDINAL

El Carril de Ascenso se inicia con una inclinación de 6.54% la cual viene desde antes, teniendo una longitud de 673.00 m., de los cuales 150.00 m. corresponden al carril. A continuación se tiene una curva vertical de 190.00 m. de longitud, para luego continuar con un tramo con pendiente 3.68%, hasta terminar el carril.

1.4.3 SECCIONES TRANSVERSALES

El ancho considerado para el Carril de Ascenso es de 3.60 m., al igual que el ancho de cada carril de la vía existente, ya que los vehículos que se desplazaran por este nuevo carril son los vehículos pesados.

Para el ingreso y la salida del carril se hace un cambio gradual del ancho

de la sección existente, mediante unas cuñas de ingreso y de salida, las cuales van variando según una parábola cúbica, pasando a una recta y luego a una parábola de cuarto grado.

La variación en los anchos de la vía se da en los siguientes cuadros (ver página siguiente).

CUADRO N° 10
DESARROLLO DE LA CUÑA DE INGRESO

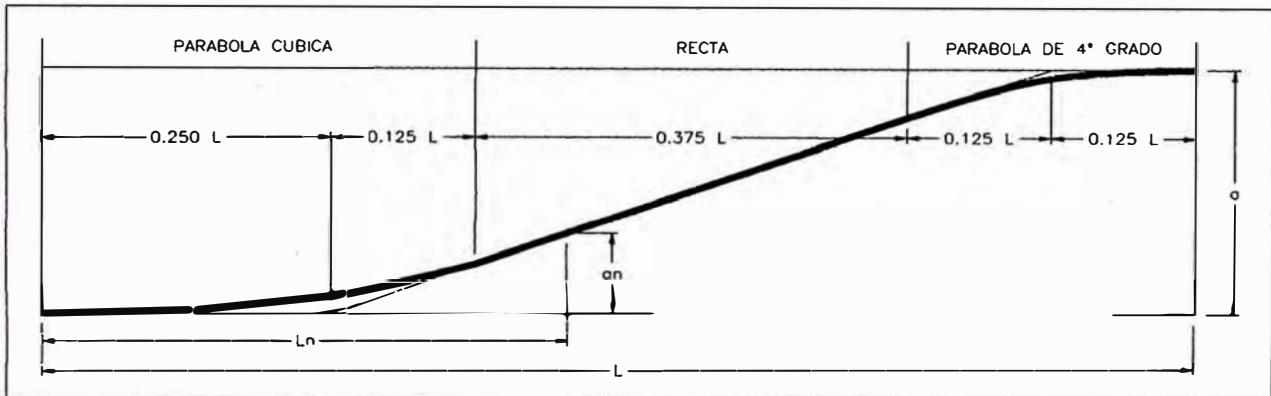
Ln	an
0.0000	0.0000
3.5000	0.0020
7.0000	0.0140
10.5000	0.0470
14.0000	0.1080
17.5000	0.2230
21.0000	0.3670
24.5000	0.5830
26.2500	0.7200
28.0000	0.8640
31.5000	1.1520
35.0000	1.4400
38.5000	1.7280
42.0000	2.0160
45.5000	2.3040
49.0000	2.5920
52.5000	2.8800
56.0000	3.1390
59.5000	3.3410
63.0000	3.4850
66.5000	3.5710
70.0000	3.6000

CUADRO N° 11
DESARROLLO DE LA CUÑA DE SALIDA

Ln	an
0.0000	0.0000
5.0000	0.0020
10.0000	0.0140
15.0000	0.0470
20.0000	0.1080
25.0000	0.2230
30.0000	0.3670
35.0000	0.5830
37.5000	0.7200
40.0000	0.8640
45.0000	1.1520
50.0000	1.4400
55.0000	1.7280
60.0000	2.0160
65.0000	2.3040
70.0000	2.5920
75.0000	2.8800
80.0000	3.1390
85.0000	3.3410
90.0000	3.4850
95.0000	3.5710
100.0000	3.6000

Donde "Ln" y "an" se observan en el siguiente esquema:

ESQUEMA N° 1



I.5 ESTUDIO DE GEOLOGÍA Y GEOTECNÍA

I.5.1 ESTUDIO DE GEOLOGÍA

El Tramo de la carretera en estudio se encuentra comprendido entre la localidad de Surco (Km 67+000) y un punto cercano a la localidad de Matucana (Km70+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.

Entre los Km. 67+000-68+220, atravesando la margen derecha el río Rímac, por el puente Surco, se encuentran distribuidos afloramientos de rocas graníticas (10 a 40 m de altura); las fracturas semi-verticales y de leve inclinación, son predominantes, dando origen al desprendimiento de

bloques. En los taludes abruptos con mas de 70° de inclinación, se manifiestan fenómenos de caída de rocas. Comúnmente el deposito coluvial descansa sobre las rocas graníticas que tiende a manifestar flujo a lo largo de las quebradas laterales y por surcos.

En la sección del Km 68+220 - 68+400, se halla un talud del deposito coluvio-aluvial cuya altura es relativamente baja (13 m), con inclinación de 70°. Este deposito esta disectado por cárcavas y surcos. Este afloramiento no causa mayor problema geodinámico.

Siguiendo el recorrido, entre el Km. 68+400 - 69+000, la carretera se extiende por un corte de 15 m de altura constituido por rocas graníticas; la inclinación del talud varia entre 50° y 70°, con fracturas medianamente desarrolladas. Este corte, en general se presente estable.

En la sección correspondiente a los Km 69+000 - Km 70+000, se encuentra un talud de litología coluvio-aluvial, que descansa sobre un afloramiento de rocas graníticas; este talud varia entre 10 y 25 m de altura y presenta fuerte inclinación (60-70°), y se encuentra estable por la cohesión de los materiales.

I.5.2 ESTUDIO DE GEOTECNÍA

De lo tratado anteriormente puede comentarse que los suelos que forman la estructura de pavimento esta formada básicamente por carpeta y base, solo habiéndose detectado capa de sub-base en la calicata Km. 68+400.

La carpeta presenta espesores relativamente considerables de 10 y 15 cm.

Los suelos que forman la base granular están formados principalmente

por:

CUADRO N° 12
BASE GRANULAR

De Km	A km	Características
67+000	68+500	Gravas limosas y arcillosas mal graduada.
68+500	70+000	Grava limosa bien graduada, (GW-GM).

CUADRO N° 13
SUBRASANTE

De Km	A km	Características
67+000	68+000	Grava limosa bien graduada, (GW-GM).
68+000	70+000	Gravas y arenas arcillosas, (GC y SC).

I.5.2.1 CANTERAS Y FUENTES DE AGUA

I.5.2.1.1 CANTERA SAN JUAN

Ubicación Se ubica a la derecha de la progresiva 69+860 de la carretera Central.

Accesibilidad

El acceso se realiza a través de una trocha carrozable de unos

700 m de longitud.

La disponibilidad de materiales se calcula relacionando el volumen total disponible con su respectiva eficiencia (se detalla en el capítulo V: Estudio de Geotécnia), obteniendo lo siguiente:

Grava	2520 m ³
Arena	5400 m ³
Material para chancar de 1" a 10"	17064 m ³

I.5.2.1.2 FUENTES DE AGUA

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

Km 71+500: Agua de la quebrada Collana al lado izquierdo.

I.5.3 DISEÑO DE PAVIMENTO

Como se aprecia en el capítulo de diseño de pavimentos esta estructura tendrá las siguientes características:

CUADRO N° 14
DISEÑO DE PAVIMENTO

ESTRUCTURA	ESTRUCTURA		SN (real)
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)	
km 67+150 – km 67+630	15,00	32,00	4.28

1.6 ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

1.6.1 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico consistió en estimar las descargas de los cursos indicados, a partir de un análisis de frecuencias de las precipitaciones máximas en 24 horas registradas en las estaciones meteorológicas especialmente seleccionadas.

El procedimiento seguido en el estudio fue el siguiente:

- Selección de las estaciones pluviométricas
- Recopilación de la información cartográfica, pluviométrica y datos Hidro-Meteorológicos de la zona.
- Análisis estadístico de la información
- Determinación de las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes períodos de retorno.
- Trazo de mapas de Isoyetas
- Cálculo de las descargas máximas.

1.6.1.1 DESCRIPCION DE TRAMO EN ESTUDIO

La Carretera Cocachacra - Matucana, debido a las características propias de la zona es atravesada por una gran cantidad de cruces de agua destacando por su amplitud 5 grandes quebradas Qda. Esperanza, Qda. Verrugas, Qda. Huacre, Qda. Yamajune y Qda. Collana, esta ultima la de mayor amplitud, que contiene el puente del mismo nombre.

Las pequeñas quebradas y cárcavas también son características de la zona y están presentes a lo largo de todo el tramo, notando que gran parte de éstas, se encuentran activas de forma artificial debido a la fuga de agua de tuberías que trasladan el liquido de grandes alturas a lavaderos de carros que se encuentran a lo

largo de toda la carretera.

I.6.1.2 ANALISIS DE SUBCUENCAS

Se Realizara el análisis de las cuencas Yamajune y Collana, asimismo, se realizara el calculo de los caudales de cada una de las quebradas existentes en el tramo del Km. 67 al Km. 70, considerando desde las mas pequeñas hasta las mas significativas, para un tiempo de retorno de 20 años.

I.6.1.3 CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS

En el Tramo Cocachacra - Matucana se presentan quebradas espaciadas entre si, cuyos cauces son rectos o ligeramente sinuosos con fuertes pendientes en la parte alta y moderada en la desembocadura, las Quebradas Yamajune y Collana no escapan de esas características.

La ubicación e incidencia en la carretera de las quebradas mencionadas así como las obras de arte en el cruce de la vía se presentan en el siguiente cuadro (ver pág. siguiente.).

CUADRO N° 15
PRINCIPALES QUEBRADAS Y CRUCES DE AGUA (KM. 67 AL 70)

Cuenca N°	Nombre	Ubicación (Km)	Incidencia		Obra de arte en cruce
			Carretera	Río	
01	NN1	67+020	IZQ	DER	Alcantarilla
02	NN2	67+324	IZQ	DER	Alcantarilla
03	NN3	67+380	IZQ	DER	Alcantarilla
04	NN4	67+528	IZQ	DER	Alcantarilla
05	NN5	67+960	IZQ	DER	Alcantarilla
06	NN6	68+340	IZQ	DER	Alcantarilla
07	NN7	68+497	IZQ	DER	Alcantarilla
08	NN8	68+710	IZQ	DER	Alcantarilla
09	NN9	68+913	IZQ	DER	Alcantarilla
10	NN10	69+100	IZQ	DER	Alcantarilla
11	NN11	69+399	IZQ	DER	Alcantarilla
12	NN12	69+520	IZQ	DER	Alcantarilla
13	Qda. Yamajune	69+700	IZQ	DER	Puente
14	Qda. Collana	71+522	IZQ	DER	Puente

I.6.1.4 PARÁMETROS FÍSICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La extensión de las subcuencas NN1 al NN12 se han delimitado siguiendo la línea de cumbres, para determinar el área drenaje se determino: la longitud del cauce principal desde sus nacientes hasta la intersección con la vía, el perímetro de la cuenca, las altitudes máxima y mínima del cauce principal para determinar la pendiente del curso hídrico. Ver cuadro siguiente:

CUADRO N° 16
PARÁMETROS FÍSICOS Y GEOMORFOLÓGICOS (KM. 67 AL 70)

QUEBRADA	AREA (km ²)	PERIMETRO (km)	L (km)	Cota máx. (m.s.n.m.)	Cota mín. (m.s.n.m.)	Pendiente (S) (m/m)
NN1	0,118	1,706	0,497	2300	2050	0,5030
NN2	0,046	1,096	0,328	2250	2080	0,5183
NN3	0,256	2,722	1,300	2900	2090	0,6231
NN4	0,197	1,760	0,366	2400	2080	0,8743
NN5	0,060	1,194	0,348	2300	2090	0,6034
NN6	0,662	5,079	1,840	2300	2080	0,1196
NN7	0,172	2,338	0,840	2580	2100	0,5714
NN8	0,347	2,806	1,400	2600	2110	0,3500
NN9	0,024	0,700	0,200	2300	2100	1,0000
NN10	0,054	1,078	0,360	2250	2100	0,4167
NN11	0,057	1,521	0,500	2280	2120	0,3200
NN12	0,030	1,767	0,600	2300	2100	0,3333
Qda. Yamajune	19,100	21,707	8,280	4700	2100	0,3140
Qda. Collana	28,221	26,978	12,210	4800	2200	0,2129

1.6.1.5 ESTIMACION DE CAUDALES MAXIMOS

METODO RACIONAL

El concepto básico del Método Racional, asume que el máximo porcentaje de escurrimiento de una cuenca pequeña ocurre cuando la intensidad de tal cuenca está contribuyendo al escurrimiento y que el citado porcentaje de escurrimiento es igual a un porcentaje de la intensidad de lluvia promedio. Lo anterior en forma de ecuación resulta:

$$Q = 0.278 CIA$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en m³/s

C= Coeficiente de escorrentía

I= Intensidad de la lluvia en mm/h

A= Area de la cuenca en km²

El Método Racional es utilizado generalmente en cuencas pequeñas, y cuya área no sobrepasa los 10 km².

CUADRO N° 17
CALCULO DE INTENSIDAD (mm/hr)

N° Cuenca	Tc (min)	D (horas)	Precipitacion	Pe (mm)	I (mm/hr)
NN1	12	0,20	37,00	11,18	27,22
NN2	8,76	0,15	37,00	10,33	32,87
NN3	24,06	0,40	37,00	13,30	17,93
NN4	8,58	0,14	37,00	10,28	33,28
NN5	8,88	0,15	37,00	10,37	32,60
NN6	42,84	0,71	37,00	15,37	12,68
NN7	17,52	0,29	37,00	12,29	21,69
NN8	28,38	0,47	37,50	14,05	16,46
NN9	5,82	0,10	37,50	9,46	42,58
NN10	9,78	0,16	37,50	10,77	31,19
NN11	13,2	0,22	37,50	11,60	26,05
NN12	15,06	0,25	37,50	11,99	24,07

CUADRO N° 18
CÁLCULO DE CAUDALES (m³/seg)

Sub Cuenca	Area (Km ²)	I (mm/hr)	Q (m ³ /s)
NN1	0.118	27.22	0.41
NN2	0.046	32.87	0.19
NN3	0.256	17.93	0.59
NN4	0.197	33.28	0.84
NN5	0.060	32.60	0.25
NN6	0.662	12.68	1.07
NN7	0.172	21.69	0.48
NN8	0.347	16.46	0.73
NN9	0.024	42.58	0.13
NN10	0.054	31.19	0.22
NN11	0.057	26.05	0.19
NN12	0.030	24.07	0.09

Donde:

Q=	Caudal Maximo periodo de retorno 20 años
C=	Coefficiente de Escorrentia
A=	Area de Subcuenca
I=	Intensidad maxima 24 Horas

MÉTODO DEL US SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS)

Para la determinación del caudal máximo se usa la precipitación dada por las isoyetas, empleando el Hidrográma Unitario del Soil Conservation Service (SCS).

Como información se debe contar con el valor de:

El área de la cuenca A

Precipitación máxima en 24 horas (para distintos periodos de retorno)

El tiempo de concentración T_c.

El numero hidrológico o numero de Curva (CN)

CUADRO N° 19
CALCULO DE CAUDALES FINALES (m³ / s)

CÁLCULO DE PARAMETROS FISICOS E HIDROLOGICOS							
DESCRIPCION	AREA (km²)	PERIM (km)	L (km)	Lc (km)	Cota máx. (m.s.n.m.)	Cota mín. (m.s.n.m.)	Pendiente (‰)
Qda. Yamajune	19,100	21,707	8,280	4,653	4700	2100	0,3140
Qda. Collana	28,221	26,978	12,210	6,530	4800	2200	0,2129

Página 1

CÁLCULO DE DESCARGAS							
DESCRIPCION	ESTRUC TURA	TP (hr)	tr (horas)	qp (m³/s/c m)	P (cm)	CN	Q(m³/s) Tr=100 años
Qda. Yamajune	PUENT	4,49	0,82	7,10	4,70	81,00	9,23
Qda. Collana	PUENT	5,58	1,01	8,44	4,80	81,00	11,48

1.6.2 ESTUDIO HIDRAULICO

De acuerdo a la magnitud de las cuencas hidrográficas comprometidas y la ubicación geográfica de las mismas, para la estimación de caudales máximas en estas cuencas alimentadoras de cunetas, zanjas de drenaje, sub-drenes y alcantarillas se ha aplicado el método racional, así mismo se utilizo la información del SENAMHI.

1.6.2.1 ALCANTARILLAS

Se determinó que las alcantarillas existentes tienen el diámetro adecuado, pues ejercen un buen control de la escorrentía. Pero se esta ampliando 03 alcantarillas en la parte del Carril de Ascenso de Concreto armado tipo ARMCO, con

cabezales de concreto y cajuelas de recolección.

El número de alcantarillas necesarias de ampliación en el carril de ascenso son proyectadas de 7.20 ml a 10.8 ml a lo largo del carril.

Estas dimensiones son adecuadas para realizar un necesario mantenimiento, porque permite la limpieza eliminando los depósitos de sedimentos y vegetación de las mismas.

1.6.2.2 CUNETAS

Se ha propuesto de cunetas en todo el sector del carril de ascenso.

Las cunetas serán triangulares de dimensiones 0.50 x 1.00 m. respectivamente de acuerdo a los análisis hidráulicos realizados, Irán revestidas de concreto cuando las pendientes sean mayores del 2%, cuando se encuentren en roca, Irán en forma natural.

1.7 SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL

Para la señalización del Carril de Ascenso se utilizó el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC.

En el manual no se encontró una señal preventiva sobre carril de ascenso, por eso se optó por colocarle una señal informativa, a 100.00 m. antes de iniciar el carril, al lado derecho de la vía, con el texto:

“CARRIL DE ASCENSO A 100 M. PARA TRANS. PESADO”

Como pintura sobre el pavimento se pintara una línea continua al borde del carril, además una flecha direccional con desviación, al inicio del carril.

Por seguridad vial se colocarán postes delineadores al borde del carril, en las cuñas se encuentran cada 5.00 m. y en la zona de ancho constante

cada 20.00 m.

También se colocarán tachas retro-reflectantes entre la vía existente y el carril de ascenso, a lo largo de la zona de ancho constante, para delimitar el carril y ser visualizado con mayor facilidad.

I.8 EVALUACION ECONOMICA

I.8.1 IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

El primer paso en la cuantificación de los beneficios de una alternativa de inversión en vialidad interurbana, es identificar los tipos de beneficios que producirá si éste se ejecuta.

En el caso de los beneficios directos, la estimación de los mismos podrá ser hecha en cada una de las etapas de evaluación, la diferencia entre etapas provendrá solo del grado de precisión con el cual habrán sido determinados.

En el caso de los beneficios indirectos, su estimación será sólo recomendable al nivel de Factibilidad, salvo que el proyecto tenga como objetivo central la mejora de seguridad vial o reducir impactos ambientales.

I.8.2 MEDICIÓN DE BENEFICIOS DIRECTOS

I.8.2.1 BENEFICIOS SOCIALES

Los flujos vehiculares que utilizarán el proyecto corresponden a los vehículos que en la situación sin proyecto circulan por la carretera por lo que será el tránsito normal que obtendrá los beneficios.

No se incluyen los costos de ahorro por accidentabilidad, pues la vía cuenta actualmente con una buena superficie de rodamiento, la cual se mantendrá en el presente proyecto.

I.8.2.2 VALOR SOCIAL DEL TIEMPO

Se está considerando para la evaluación con proyecto la distancia que existe entre el inicio de nuestro tramo y el inicio del carril de ascenso (150 mt.) una velocidad de 20 Km/h. Para el tramo restante (2850 mt) una velocidad de 30 km/h.

Se considera además los tiempos que se requieren para transitar por una longitud de 3 km, con proyecto y sin proyecto.

I.8.3 ANÁLISIS DE COSTOS

I.8.3.1 INVERSION

El Presupuesto inicial es de \$82468.99 como Costo Directo y de \$125979.63 como Presupuesto total.

I.8.3.2 COSTO DE MOLESTIAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Los costos de molestias surgen durante la realización de las obras, ya que provocan interferencias, desvíos y en algunos casos detenciones del tránsito. Para este costo se asume un monto durante la construcción de \$ 250,000.

I.8.3.3 COSTO DE MANTENIMIENTO

Se está considerando un mantenimiento periódico cada 5 años con un monto de \$ 38,000 (recapeo de carpeta asfáltica)

Se recomienda utilizar un costo por mantenimiento rutinario de \$ 3,000 anuales por kilómetro para una carretera de dos carriles basada en las restricciones presupuestarias, el monto que se reduce a \$ 2,000 para el primer año en una carretera nueva. Por tanto, el costo de mantenimiento del proyecto para el año base será de \$ 1,500 por kilómetro versus el costo de la situación sin proyecto de \$ 4,000 por km.

I.8.4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD SOCIAL

I.8.4.1 EVALUACIÓN SOCIAL

Dada una tasa social de descuento del 14% anual, en el cuadro siguiente se muestran los resultados de la evaluación económica social del cual se desprende los parámetros económicos siguientes:

VAN =	\$1,191,777.05
TIR =	92%
B/C =	4.07

I.9 IMPACTO AMBIENTAL

El Estudio de Impacto Ambiental de este proyecto vial, es un instrumento previo para determinar la viabilidad ambiental en el área intervenida, para lo cual se ha encaminado al cumplimiento de los objetivos básicos de este tipo de estudios, como identificar, predecir, interpretar y comunicar los impactos perjudiciales y beneficiosos que se presentan durante las etapas de construcción (Carril de ascenso) y operación del proyecto vial, de acuerdo a la normatividad ambiental nacional vigente, el cual ha sido planteado y desarrollado dentro de los lineamientos preestablecidos por la normatividad respectiva.

Las principales conclusiones y recomendaciones del estudio de Impacto Ambiental son las siguientes:

- a) El proyecto del carril de ascenso no interfiere con ninguna reglamentación ambiental en el área de estudio.
- b) El proyecto Carril de Ascenso tiene como objetivo fundamental generar un tráfico mas fluido ya que los vehículos pesados cederán el paso a los mas ligeros y no se ocasionaran las colas en dicho tramo reducción de tiempo y consumo de combustible.
- c) El medio ambiente del área de influencia directa e indirecta del proyecto presenta impactos ambientales negativos, por lo que el proyecto deberá minimizar dichos impactos, en la etapa de

mejoramiento maximizando los impactos ambientales positivos.

- d) Como el proyecto generará desecho de material de base y sub-base reemplazada se ha ubicado las áreas para botaderos en lugares donde dispondrá adecuadamente dichos excedentes, áreas que deberán ser tratadas convenientemente a fin de evitar afectar el entorno ambiental que los rodea.

- e) Una vez culminado la ejecución de la obra, se ha programado la ejecución de medidas de mitigación ambiental.

CAPITULO II: DISEÑO DE PAVIMENTOS

II.1 MÉTODO AASHTO

II.1.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

La metodología AASHTO es reconocida a nivel mundial porque se basa en valiosa información experimental. Consiste en determinar un Número Estructural (SN) requerido por el pavimento a fin de soportar el volumen de tránsito satisfactoriamente durante su periodo de diseño. El procedimiento desarrollado es conforme con lo expuesto en Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Dentro de las consideraciones del método están:

- ◆ El **Módulo Resiliente** (M_r) es una medida de las propiedades elásticas de los suelos. Debido a la escasa información local, este parámetro se ha establecido en función a algoritmos reconocidos internacionalmente; así también, tampoco se emplean por el mismo motivo el valor de daño relativo (u_r) para el cálculo del M_r estacional.
- ◆ El **Coefficiente de Drenaje** toma en cuenta los efectos de los distintos niveles de eficiencia del drenaje en el comportamiento de la estructura. Este parámetro modifica el coeficiente estructural de las capas granulares (subbase y base granular).
- ◆ El método incorpora la estadística para establecer un cierto grado de confiabilidad en el proceso de diseño, este aspecto es incorporado mediante el **Nivel de Confiabilidad** (R) que a su vez se basa en la distribución normal y es función de la desviación estándar (S_o) que se ubica entre 0,4 y 0,5.
- ◆ El **Índice de Serviciabilidad Final** deberá ser tal que culminado el periodo de diseño, la vía (superficie de rodadura) ofrezca una adecuada serviciabilidad. De acuerdo a los términos de referencia este valor para el proyecto en desarrollo es 2.

Los números estructurales SN, del pavimento son obtenidos mediante la siguiente expresión:

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1094} + 2.32 \times \log M_r - 8.07$$

$$0.40 + \frac{0.19}{(SN+1)^{0.19}}$$

La expresión que relaciona el número estructural con los espesores de capa

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_1 D_2 + a_3 m_2 D_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes estructurales o de capa

m_1, m_2 = Coeficientes de drenaje

D_1, D_2, D_3 = Espesores de capa

II.1.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Módulo resiliente (Mr)

Para acceder a los Abacos de diseño AASHTO 93, es necesario que el valor del CBR_s de diseño sea traducido a Módulo Resiliente (Mr). Dada la escasa información existente en el medio sobre estos ensayos, se ha empleado una correlación entre CBR_s versus Módulos de Resiliencia (para suelos granulares) publicada en FHWA PL-98-029:

$$Mr = 4326 \times \ln CBR + 241$$

CUADRO N° 01

SUBSECTOR	CBR (%)	MÓDULO RESILENTE (psi)
km 67+000	32.00	15,234
km 67+400	32.00	15.234
km 67+900	32.00	15,234

Tráfico (EAL)

Tráfico de diseño, de acuerdo al cuadro 16 cap. II se tiene que el número de repeticiones de carga equivalentes a ejes simples de 8,2 tn. es:

CUADRO N° 02-A

TRAMO	EAL _{10 años}	EAL _{20 años}
COCACHACRA-MATUCANA	12.4 x 10 ⁶	31.9 x 10 ⁶

Para tener una mejor visión respecto de cómo varían los espesores de la estructura del pavimento utilizando diferentes valores de vida útil, complementaremos el informe con diseños de pavimentos para vidas útiles de valores intermedios a 10 y 20 años.

Es así que con los valores de EAL_{10 años} y EAL_{20 años} y por medio de interpolación lineal obtendremos valores de EAL_{5 años} y EAL_{15 años}, dado que no se cuenta con información para estos valores.

$$EAL_T = 1.95 \times 10^6 (T) - 7.1 \times 10^6$$

CUADRO N° 02-B

TRAMO	EAL 5 años	EAL 15 años
COCACHACRA-MATUCANA	2.65×10^6	22.2×10^6

Parámetro W_{18}

Para la guía AASHTO corresponde al EAL afectado por los coeficiente que representan el sentido y el número de carriles que tendrá la vía.

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

Donde:

- DD = Factor de distribución direccional. Por lo general se considera 0.5
- DL = Porcentaje para ejes de 8.2 Tn. en cada dirección. Está dictado por el siguiente cuadro:

CUADRO N° 03

NUMERO DE LINEAS EN CADA DIRECCIÓN	PORCENTAJE PARA EJES DE 8.2 TN EN CADA DIRECCIÓN
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4	50 - 75

$$W_{18 (5 \text{ años})} = 0.5 \times 100\% \times 2.65 \times 10^6 = 1.33 \times 10^6$$

$$W_{18 (10 \text{ años})} = 0.5 \times 100\% \times 12.4 \times 10^6 = 6.2 \times 10^6$$

$$W_{18 (15 \text{ años})} = 0.5 \times 100\% \times 22.2 \times 10^6 = 11.1 \times 10^6$$

$$W_{18 (20 \text{ años})} = 0.5 \times 100\% \times 31.9 \times 10^6 = 16 \times 10^6$$

Confiabilidad

Para su determinación se empleó la Guía AASHTO (2.1.2 Traffic, Part II: Pavement Design Procedures for New Construction or Reconstruction). Se está tomando una confiabilidad de 95%, con el cual se obtiene una Desviación Estándar Normal (Z_R):

$$Z_R = -1,645$$

Desviación estándar total

$$S_0 = 0.45$$

Serviciabilidad

$$\text{Serviciabilidad Inicial } (p_i) = 4,0$$

$$\text{Serviciabilidad Final } (p_t) = 2,0$$

$$\Delta \text{ PSI} = p_i - p_t = 2.0$$

Coefficientes estructurales de capas

Basados en lo señalado en el ítem 2.3.5 Layer coefficients, de la Guía de Diseño AASHTO, los coeficientes estructurales de capa considerados para el cálculo del número estructural de diseño son los siguientes:

$$a_1 = 0,43/\text{pulg.} \quad \text{ó} \quad 1,17/\text{cm.} \quad (\text{para carpeta asfáltica})$$

$$a_2 = 0,135/\text{pulg.} \quad \text{ó} \quad 0,053/\text{cm.} \quad (\text{base, agregado CBR} \geq 80\%)$$

$$a_3 = 0,11/\text{pulg.} \quad \text{ó} \quad 0.043/\text{cm.} \quad (\text{para sub-base})$$

Coeficientes de drenaje

Para la elección del coeficiente de Drenaje se han tomado las siguientes consideraciones:

- ◆ Exposición en agua de las estructuras de drenaje, entre 5 y 25%
- ◆ La condición de los sistemas de drenaje es Regular.

Por lo tanto se asume un Coeficiente de Drenaje $m_1 = 1,0$

II.1.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA 5 AÑOS

La estructura propuesta de pavimento ha sido diseñada para soportar el peso de la densidad de tráfico proyectado para su ciclo de vida, altas presiones y esfuerzos, de tal manera que éstas lleguen satisfactoriamente a los suelos bajo el nivel de subrasante. Se consideró las características geotécnicas de los materiales que conformarán la estructura vial, con propiedades de resistencia y valor de soporte creciente a partir del suelo de fundación y de allí a la superficie del pavimento.

Aplicando la Ecuación de Diseño se obtiene para los parámetros indicados y un período de diseño de 5 años, lo siguiente:

VER HOJA DE CÁLCULO SIGUIENTE

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1094} + 2.32 \times \log M_r - 8.07$$

$$0.40 + \frac{0.40}{(SN+1)^{5.19}}$$

Datos de Ingreso:

W18	1.33E+06
Zr	-1.645
So	0.45
Δ PSI	2.00
Mr	15,234.00 psi

Aproximaciones sucesivas:

SN	2.90
Aproximación :	0.0065

Expresión para el cálculo de espesores de capas:

Considerando D3=0 por ser el terreno una Grava Limosa Bien Graduada se tiene

$$SN = 0.17 \times D1 + 0.053 \times D2$$

donde:

D1 = espesor carpeta asfáltica

D2 = espesor de Base

D3 = espesor de Sub-Base

Resultados:

D1	15.00 cm
D2	6.60 cm

CUADRO N° 04

SUBSECTOR	Numero Estructural (SN)
km 67+150 – km 67+630	2.90

Por lo tanto, tomando en cuenta las consideraciones mencionadas, se obtiene para el proyecto con un periodo de servicio de 5 años, la siguiente estructura:

CUADRO N° 05

ESTRUCTURA	ESTRUCTURA		SN (real)
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)	
km 67+150 – km 67+630	15,00	6,50	2.90

II.1.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA 10 AÑOS

La estructura propuesta de pavimento ha sido diseñada para soportar el peso de la densidad de tráfico proyectado para su ciclo de vida, altas presiones y esfuerzos, de tal manera que éstas lleguen satisfactoriamente a los suelos bajo el nivel de subrasante. Se consideró las características geotécnicas de los materiales que conformarán la estructura vial, con propiedades de resistencia y valor de soporte creciente a partir del suelo de fundación y de allí a la superficie del pavimento.

Aplicando la Ecuación de Diseño se obtiene para los parámetros indicados y un periodo de diseño de 10 años, lo siguiente:

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1094} + 2.32 \times \log M_r - 8.07$$

$$0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}$$

Datos de Ingreso:

W18	6.20E+06
Zr	-1.645
So	0.45
Δ PSI	2.00
Mr	15,234.00 psi

Aproximaciones sucesivas:

SN	3.68
Aproximación :	0.0043

Expresión para el cálculo de espesores de capas:

Considerando D3=0 por ser el terreno una Grava Limosa Bien Graduada se tiene

$$SN = 0.17 \times D1 + 0.053 \times D2$$

donde:

D1 = espesor carpeta asfáltica

D2 = espesor de Base

D3 = espesor de Sub-Base

Resultados:

D1	15.00 cm
D2	21.30 cm

CUADRO N° 06

SUBSECTOR	Numero Estructural (SN)
km 67+150– km 67+630	3.68

Por lo tanto, tomando en cuenta las consideraciones mencionadas, se obtiene para el proyecto con un periodo de servicio de 10 años, la siguiente estructura:

CUADRO N° 07

ESTRUCTURA	ESTRUCTURA		SN (real)
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)	
km 67+150 – km 67+630	15,00	21,50	3.68

II.1.5 DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA 15 AÑOS

Aplicando la Ecuación de Diseño se obtiene para los parámetros indicados y un periodo de diseño de 15 años, lo siguiente:

VER HOJA DE CÁLCULO SIGUIENTE

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{1094} + 2.32 \times \log M_r - 8.07$$

$$0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}$$

Datos de Ingreso:

W18	1.11E+07
Zr	-1.645
So	0.45
Δ PSI	2.00
Mr	15,234.00 psi

Aproximaciones sucesivas:

SN	4.00
Aproximación :	-0.0072

Expresión para el cálculo de espesores de capas:

Considerando D3=0 por ser el terreno una Grava Limosa Bien Graduada se tiene

$$SN = 0.17 \times D1 + 0.053 \times D2$$

donde:

D1 = espesor carpeta asfáltica

D2 = espesor de Base

D3 = espesor de Sub-Base

Resultados:

D1	15.00 cm
D2	27.40 cm

Por lo tanto, tomando en cuenta las consideraciones mencionadas, se obtiene para el proyecto con un periodo de servicio de 15 años, la siguiente estructura:

CUADRO N° 08

ESTRUCTURA	ESTRUCTURA		SN (real)
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)	
km 67+150 – km 67+630	15,00	27,50	4.00

II.1.6 DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA 20 AÑOS

Aplicando la Ecuación de Diseño se obtiene para los parámetros indicados y un periodo de diseño de 20 años, lo siguiente:

VER HOJA DE CÁLCULO SIGUIENTE

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log (SN+1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{1094} + 2.32 \times \log M_r - 8.07$$

$$0.40 + \frac{1}{(SN+1)^{5.19}}$$

Datos de Ingreso:

W18	1.60E+07
Zr	-1.645
So	0.45
Δ PSI	2.00
Mr	15,234.00 psi

Aproximaciones sucesivas:

SN	4.23
Aproximación :	0.0006

Expresión para el cálculo de espesores de capas:

Considerando D3=0 por ser el terreno una Grava Limosa Bien Graduada se tiene

$$SN = 0.17 \times D1 + 0.053 \times D2$$

donde:

D1 = espesor carpeta asfáltica

D2 = espesor de Base

D3 = espesor de Sub-Base

Resultados:

D1	15.00 cm
D2	31.70 cm

CUADRO N° 09

SUBSECTOR	Numero Estructural (SN)
km 67+150_ km 67+630	4.23

Por lo tanto, tomando en cuenta las consideraciones mencionadas, se obtiene para el proyecto con un periodo de servicio de 20 años, la siguiente estructura:

CUADRO N° 10

ESTRUCTURA	ESTRUCTURA		SN (real)
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)	
km 67+150 – km 67+630	15,00	32,00	4.23

II.2 MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

II.2.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El método se desarrolla conforme a lo establecido en el manual de Series N° 1 (MS-1) "Thickness Design, Asphalt Pavements for Higways & Streets" de febrero 1991.

El método se basa en dos condiciones específicas de esfuerzo-deformación. La primera es la aplicación de una carga sobre la superficie del pavimento, la estructura distribuye los esfuerzos reduciendo su intensidad a medida que profundiza en la subrasante. La segunda condición, es cuando la carga aplicada al pavimento deflecta la

estructura, causando esfuerzos y deformaciones de tensión y compresión en la capa asfáltica.

El Instituto del Asfalto ha desarrollado un programa de computo denominado DAMA y una serie de nomogramas para facilitar el diseño. Este considera temperaturas de 7°C, 15.5°C y 24°C.

II.2.2 PARAMETROS DE DISEÑO

El método requiere de la siguiente información para efectuar el diseño (tomados del Item 2.1.0.).

Módulo resiliente (Mr)

CUADRO N° 11

SUBSECTOR	CBR (%)	MÓDULO RESILENTE (psi ó Mpa)
km 67+000	32.00	15,234 psi ó 105 Mpa
km 67+400	32.00	15,234 psi ó 105 Mpa
km 67+900	32.00	15,234 psi ó 105 Mpa

Tráfico (EAL)

CUADRO N° 12-A

TRAMO	EAL 10 años	EAL 20 años
COCACHACRA-MATUCANA	12.4 x 10 ⁶	31.9 x 10 ⁶

CUADRO N° 12-B

TRAMO	EAL 5 años	EAL 15 años
COCACHACRA-MATUCANA	2.65 x 10 ⁶	22.2 x 10 ⁶

II.2.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA 5 AÑOS

Empleando el Abaco Design Chart A-6, cuyas condiciones son el empleo de una Base Granular de 15 cm de espesor y una temperatura de 7°C, se obtiene para los parámetros indicados y un periodo de diseño de 5 años, lo siguiente:

CUADRO N° 13

ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)
km 67+150 – km 67+630	17,50	30,00

II.2.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA 10 AÑOS

Empleando el Abaco Design Chart A-6, cuyas condiciones son el empleo de una Base Granular de 30 cm de espesor y una temperatura de 7°C, se obtiene para los parámetros indicados y un periodo de diseño de 10 años, lo siguiente:

CUADRO N° 14

ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)
km 67+150 – km 67+630	27,50	30,00

II.2.5 DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA 15 AÑOS

Empleando el Abaco Design Chart A-6, cuyas condiciones son el empleo de una Base Granular de 30 cm de espesor y una temperatura de 7°C, se obtiene para los parámetros indicados y un periodo de diseño de 15 años, lo siguiente:

CUADRO N° 15

ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)
km 67+150 – km 67+630	30,00	30,00

II.2.6 DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA 20 AÑOS

Empleando el Abaco Design Chart A-6, cuyas condiciones son el empleo de una Base Granular de 30 cm de espesor y una temperatura de 7°C, se obtiene para los parámetros indicados y un periodo de diseño de 20 años, lo siguiente:

CUADRO N° 16

ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	
	Carpeta Asfáltica (cm)	Base Granular (cm)
km 67+150 – km 67+630	32,50	30,00

II.3 MEZCLAS BITUMINOSAS

II.3.1 DEFINICIÓN.

Combinación de agregados seleccionados uniformemente mezclados y recubiertos por material bituminoso de características determinadas.

II.3.2 CLASIFICACIÓN.

Por el tipo de Ligante se clasifican en:

- **MEZCLA EN CALIENTE.-**

Mezcla de Agregados (gruesos, finos y polvo mineral) con material bituminoso (cemento asfáltico o cemento asfáltico modificado), fabricados en caliente.

- **MEZCLA EN FRÍO.-**

Mezcla de Agregados (gruesos, finos y polvo mineral) con material bituminoso (asfaltos líquidos o emulsiones asfálticas), fabricados en frío.

II.3.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE MEZCLA.

Para la selección del tipo de mezcla se deben tener en cuenta las características particulares de cada zona como son principalmente "el Clima y disponibilidad de Agregados".

Clima.-

Las mezclas asfálticas calientes se colocarán cuando la temperatura atmosférica a la sombra sea superior a 10°C y el tiempo no esté neblinoso ni lluvioso.

Para temperaturas menores a 10°C se recomienda el uso de mezclas asfálticas en frío.

El uso del cemento asfáltico graduado por penetración en función del clima según el Manual del Asfalto USA y experiencia de aplicación de Europa y Sudamerica se resume en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 17

CEMENTO ASFALTICO	USO
Asfalto PEN 40 - 50	Clima calido (Iquitos)
Asfalto PEN 60 - 70	Clima moderado (Lima)
Asfalto PEN 85 - 100	Clima templado (Cuzco)
Asfalto PEN 120 - 150	Clima frígido (Puno)

Agregados.-

El Agregado a utilizar en la mezcla bituminosa depende de la disponibilidad de materiales en la zona, los cuadros siguientes describen las características que deben cumplir estos materiales.

CUADRO N° 18

AGREGADO GRUESO – RET. MALLA N° 4	ESPECIFICACIÓN
Durabilidad (ASTM C-88)	Máx. 12.0%
Abrasión (ASTM C -131)	Máx. 40.0%
Partículas Chatas y Alargadas (ASTM D-4791)	Máx. 15.0%
Absorción de agua (ASTM C-128)	Máx. 1.0%
Adherencias (ASTM D - 1664)	Min +95.0%

CUADRO N° 19

AGREGADO FINO – PASA MALLA N° 4	ESPECIFICACIÓN
Durabilidad (ASTM C-88)	Máx. 15.0%
Equivalente de Arena (ASTM D - 2419)	Máx. 40.0%
Absorción de agua (ASTM C-128)	Máx. 15.0%
Indice de Plasticidad (ASTM D - 4791)	Máx. 1.0%
Adherencia (M. Riedel Weber)	Min Grado "4"

Aditivos.-

Como Aditivo se podrá usar un Polvo Mineral, el cual tendrá como fin el rellenar los vacíos o mejorar la Adherencia.

Estos pueden ser:

- Cal Hidratada no plástica (Norma AASHTO M-303)
- Cemento Pórtland
- Polvo de roca

Estos deben cumplir con la granulometría siguiente:

CUADRO N° 20

Malla	% Pasa
30	100
50	95 - 100
200	70 - 100

Dado que proyecto del Carril de Ascenso está ubicado en el distrito de Matucana perteneciente a la región de Lima, donde el clima es moderado se puede optar por las siguientes mezclas bituminosas:

1. Mezcla en caliente con Asfalto de penetración 60-70
2. Mezcla en frío con Asfalto Líquido RC-250
3. Mezcla en frío con Emulsión Asfáltica

Las especificaciones del componente bituminoso de cada mezcla mencionada se describen a continuación:

II.3.4 MEZCLA EN CALIENTE CON ASFALTO DE PENETRACION 60-70

El Cemento Asfáltico debe cumplir con las especificaciones de la EG 2000, según lo indicado en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 21

Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Penetración

Características	Ensayo	Grado de Penetración							
		40 - 50		60 - 70		85 - 100		120 - 150	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Penetración 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150
Punto de Inflamación COC, °C	MTC E 312	232	-	232	-	232	-	218	-
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	MTC E 302	99	-	99	-	99	-	99	-
Susceptibilidad Térmica									
Ensayo de Película Delgada en Horno, 3.2 mm, 163°C, 5 hrs	MTC E 316								
> Pérdida de masa, %		-	0.8	-	0.8	-	1	-	1.5
> Penetración del residuo, % de la penetración original.	MTC E 304	55	-	52	-	47	-	42	-
> Ductilidad del residuo, 25°C, 5cm/min, cm.	MTC E 306	-	-	50	-	75	-	100	-
Índice de Susceptibilidad térmica		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
Ensayo de la Mancha con solvente Heptano - Xileno 20% (opcional)	MTC E 314	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

II.3.5 MEZCLA EN FRIO CON ASFALTO LIQUIDO RC-250

El Asfalto Liquido debe cumplir con las especificaciones de la EG-2000, según lo indicado en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 22

Requisitos de Material Bituminoso Diluido para Curado Rápido (AASHTO M-81)

Características	Ensayo	RC-70		RC-250		RC-800	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Viscosidad Cinemática a 60°C, mm ² /s	MTC E 301	70	140	250	500	800	1600
Punto de Inflamación (TAG, Capa abierta) °C	MTC E 312	-	-	27	-	27	-
Destilación, volumen Total destilado hasta 360°C, %Vol.	MTC E 313	10	-	-	-	-	-
A 190°C		50	-	35	-	15	-
A 225°C		70	-	60	-	45	-
A 260°C		85	-	80	-	75	-
A 316°C							
Residuo de la destilación a 360°C		55		65	-	75	-
Pruebas sobre el residuo de la destilación Ductilidad a 25°C, 5cm/min., cm. Penetración a 25°C, 100 gr., 5 seg. (*) Viscosidad absoluta a 60°C, Pa.s Solubilidad en tricloroetileno, %	MTC E 306	100	-	100	-	100	-
	MTC E 304	80	120	80	120	80	120
		60	240	60	240	60	240
	MTC E 302	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua, % del volumen		-	0.2	-	0.2	-	0.2

(*) Opcionalmente se puede reportar Penetración en vez de viscosidad.

II.3.6 MEZCLA EN FRIO CON EMULSIÓN ASFALTICA

La Emulsión Asfáltica o catiónica debe cumplir con las especificaciones de la EG 2000, según lo indicado en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 23

Especificaciones para Emulsiones Catiónicas (ASTM D-2397)

TIPO DE EMULSIONES	ROTURA RAPIDA				ROTURA MEDIA				ROTURA LENTA			
	CRS - 1		CRS - 2		CMS-2		CMS - 2h		CSS - 1		CSS - 1h	
1. ENSAYO SOBRE EMULSIONES	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Viscosidad												
• Sayboll Furol a 25 C Seg	20	100							20	100	20	100
• Sayboll Furol a 50 C Seg			100	400	50	450	50	450				
Estabilidad de Almacenamiento												
• Sedimentación a los 7 días %		1		1		1		1		1		1
Destilación												
• Contenido de Asfalto Residual %	60		65		65		65		57		57	0
• Contenido de Disolventes %		3		3		12		12				
Tamizado												
• Reterido T 20 (850 mm)		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1
Rotura												
• Dioctilsulfosuccinato sódico %	40		40									
• Mezcla con cemento %												2
Carga Partícula	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
Recubrimiento del agregado y resistencia de desplazamiento												
• Con agregado seco					Buena							
• Con agregado seco y acción del					Satisfactoria							
• Con agregado húmedo					Satisfactoria							
• Con agregado húmedo y acción del					Satisfactoria							
DESTILACION												
Penetración (25°C, 100 gr, 5 seg)												
0.1 mm.	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90
Ductilidad (25°C, 5 cm/m) cm	40		40		40		40		40		40	
Tricloroetileno %	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

II.4 COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS.

A continuación se muestran los cuadros con los resultados del diseño del pavimento tanto por el método AASHTO versión 1993 como por el método del Instituto del Asfalto.

CUADRO N° 24
METODO AASHTO

ESTRUCTURA KM 67+150 – KM 67+630	PERIODO DE DISEÑO			
	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS
CARPETA ASFALTICA (cm)	15.00	15.00	15.00	15.00
BASE GRANULAR (cm)	6.50	21.50	27.50	32.00

CUADRO N° 25
METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

ESTRUCTURA KM 67+150 – KM 67+630	PERIODO DE DISEÑO			
	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS
CARPETA ASFALTICA (cm)	17.50	27.50	30.00	32.50
BASE GRANULAR (cm)	30.00	30.00	30.00	30.00

De los cuadros anteriores se puede apreciar que el Método del Instituto del Asfalto arroja valores más conservadores.

Si comparamos la metodología AASHTO con la del INSTITUTO DEL ASFALTO se puede inferir lo siguiente:

La metodología AASHTO introduce más parámetros al momento de diseñar la estructura del pavimento, lo que permite al Ingeniero tomar los parámetros adecuados de tal manera que se ajusten a las condiciones del medio donde se construirá la estructura. En cambio el INSTITUTO DEL ASFALTO presenta una serie de monogramas a condiciones de esfuerzo-deformación-clima establecidas de tal manera que introduciendo dos parámetros se puede obtener una estructura de pavimento.

II.5 ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL MÁS CONVENIENTE A SER EMPLEADA EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.

Estando en pie de ejecución el proyecto de una carretera tan importante a nivel sudamericano como es **“La carretera Inter-Oceánica”**, la carretera Cocachacra – Matucana que es parte de la Carretera Central será una de las vías que se conectará a la magna carretera (ver mapa red vial en Anexos), lo cual traerá como consecuencia que, ha un futuro relativamente cercano, la carretera Cocachacra – Matucana tenga una mayor afluencia vehicular que la proyectada con los datos del estudio de tráfico existente a la fecha, provocando que el Tráfico de diseño (EAL) empleado en el diseño de pavimentos sufra una variabilidad en el momento en que la carretera Inter-Oceánica entre en funcionamiento.

Ante un incremento de afluencia vehicular, no convendría diseñar en la actualidad un pavimento para 20 años que es lo que usualmente se hace en una carretera de pavimento flexible, tal como se desarrollo en el proyecto “Mejoramiento del Flujo Vehicular en la Carretera Cocachacra – Matucana (del Km. 67+000 al Km. 70+000)” según lo indicaban los términos de referenciá, sino más bien convendría diseñarlo para un tiempo menor, ya que se obtendría una estructura más económica.

Estos tiempos menores de vida útil, considerando lo desarrollado en el presente informe, son 15, 10 y 5 años, entre los cuales el valor promedio y que se ajusta más a la situación descrita es 10 años.

Por todo lo mencionado anteriormente podemos concluir que la vida útil más conveniente a ser empleada en el diseño de pavimentos del proyecto "Mejoramiento del Flujo Vehicular en la Carretera Cocachacra – Matucana (del Km. 67+000 al Km. 70+000), y en general a todo lo largo de la Carretera Central, es de un periodo de 10 años.

Por lo expuesto, la estructura para el proyecto "Mejoramiento del Flujo Vehicular en la Carretera Cocachacra – Matucana (del Km. 67+000 al Km. 70+000) deberá ser la siguiente:

CUADRO N° 26

METODO AASHTO

ESTRUCTURA	PERIODO DE DISEÑO
KM 67+150 – KM 67+630	10 AÑOS
CARPETA ASFALTICA (cm)	15.00
BASE GRANULAR (cm)	21.50

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- Estando en pie de ejecución el proyecto de una carretera tan importante a nivel sudamericano como es **“La carretera Inter-Oceánica”**, la carretera Cocachacra – Matucana que es parte de la Carretera Central será una de las vías que se conectará a la magna carretera, lo cual traerá como consecuencia que, a un futuro relativamente cercano, la carretera Cocachacra – Matucana tenga una mayor afluencia vehicular que la proyectada con los datos del estudio de tráfico existente a la fecha, provocando que el Tráfico de diseño (EAL) empleado en el diseño de pavimentos sufra una variabilidad en el momento en que la carretera Inter-Oceánica entre en funcionamiento.
- Ante un incremento de afluencia vehicular, no convendría diseñar en la actualidad un pavimento para 20 años que es lo que usualmente se hace en una carretera de pavimento flexible (Así como se desarrolló en el proyecto del taller, según lo indicado en los términos de referencia), sino más bien convendría diseñarlo para un tiempo menor, ya que se obtendría una estructura más económica.
- Partiendo de la premisa mencionada en el párrafo anterior, se realizó el diseño de la estructura del pavimento para vidas útiles de 5, 10, 15 y 20 años, mediante los métodos AASHTO y del INSTITUTO DEL ASFALTO teniendo como resultado lo siguiente:

METODO AASHTO

ESTRUCTURA KM 67+150 – KM 67+630	PERIODO DE DISEÑO			
	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS
CARPETA ASFALTICA (cm)	15.00	15.00	15.00	15.00
BASE GRANULAR (cm)	6.50	21.50	27.50	32.00

METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

ESTRUCTURA KM 67+150 – KM 67+630	PERIODO DE DISEÑO			
	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS
CARPETA ASFALTICA (cm)	17.50	27.50	30.00	32.50
BASE GRANULAR (cm)	30.00	30.00	30.00	30.00

- De los cuadros anteriores se puede apreciar que el Método del Instituto del Asfalto arroja valores más conservadores.
- En el cálculo de la estructura del pavimento no se consideró capa de Sub-base debido a que la rasante está conformada por grava limosa bien graduada, que viene ha ser relativamente un buen material.
- Si se compara la metodología AASHTO con la del INSTITUTO DEL ASFALTO, La metodología AASHTO introduce mas parámetros al momento de diseñar la estructura del pavimento, lo que permite al Ingeniero tomar los parámetros adecuados de tal manera que se ajusten a las condiciones del medio donde se construirá la estructura. En cambio el INSTITUTO DEL ASFALTO presenta una serie de nomogramas a condiciones de esfuerzo-deformación-clima establecidas de tal manera que introduciendo dos parámetros se puede obtener una estructura de pavimento.
- Debido a lo mencionado en el párrafo anterior, el método AASHTO se ajusta mejor a las características de nuestro medio por lo que es recomendada y aceptada por las entidades gubernamentales de nuestro país.
- Por todo lo mencionado anteriormente se concluye que el diseño de la estructura mas conveniente para el proyecto será la siguiente:

METODO AASHTO

ESTRUCTURA	PERIODO DE DISEÑO
KM 67+150 – KM 67+630	10 AÑOS
CARPETA ASFALTICA (cm)	15.00
BASE GRANULAR (cm)	21.50

- En el Proyecto desarrollado en el taller de Infraestructura Vial “Mejoramiento del Flujo Vehicular en la Carretera Cocachacra – Matucana (del Km. 67+000 al Km. 70+000), según los términos de referencia, el pavimento se diseño con un periodo de vida útil de 20 años. Si se toma en consideración el análisis de la vida útil mas conveniente desarrollado en el presente informe (ver capítulo II.5), este periodo de vida útil debería de ser de 10 años, obteniéndose así una disminución de 10.50 cm. del espesor de base granular (ver cuadro 24, cap. II), lo que favorecería un ahorro económico considerable en todas las partidas involucradas en la construcción de dicha base granular.
- Poniéndonos en el caso mas exagerado de que la carretera Inter-Oceánica demore más de 10 años en entrar en funcionamiento, se podrá recurrir a un mantenimiento más intenso con resellos y refuerzos en los sectores donde se necesite.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

- El método a elegir para el diseño y el cálculo de espesores depende del buen criterio del Ingeniero; el profesional deberá tener en cuenta las condiciones climáticas y disposición de materiales cercanos a la zona.
- Tomando en cuenta que el Proyecto del CARRIL DE ASCENSO, tiene una longitud de 480 m. y los volúmenes de materiales ha utilizar no son muy considerables; se recomienda que tanto los agregados como la mezcla bituminosa sean comprados, solicitando al proveedor que estos cumplan con las características que las especificaciones del proyecto exigen.
- Para el diseño de la estructura del pavimento se recomienda el uso de la Metodología AASHTO versión 1993 ya que se ajusta mejor a las características de nuestro medio además de ser recomendada y aceptada por las entidades gubernamentales de nuestro país.
- Para el diseño de pavimentos de cualquier zona perteneciente a la carretera Cocachacra – Matucana y en general a todo lo largo de la Carretera Central, se recomienda diseñar con una vida útil de 10 años, tomando como base de inicio el año 2,006.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. AASHTO: GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES.
Washington, 1993.
2. ASPHALT INSTITUTE: MANUAL DE SERIES N° 1 (MS-1) "THICKNESS DESIGN, ASPHALT PAVEMENTS FOR HIGWAYS & STREETS" de febrero 1991.
3. MTC: ESTUDIO DE LA REHABILITACION DE LAS CARRETERAS AFECTADAS POR EL FENOMENO DEL NIÑO "TRAMO 2 COCACHACRA-MATUCANA.
Lima, 2000
4. MTC: ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (EG - 2000) - 2° EDICION.
Lima, 2000

ANEXOS



Grupo N° 08 evaluando de las condiciones actuales del pavimento en el tramo Km 67 al Km 70 de la carretera Cocachacra – Matucana.



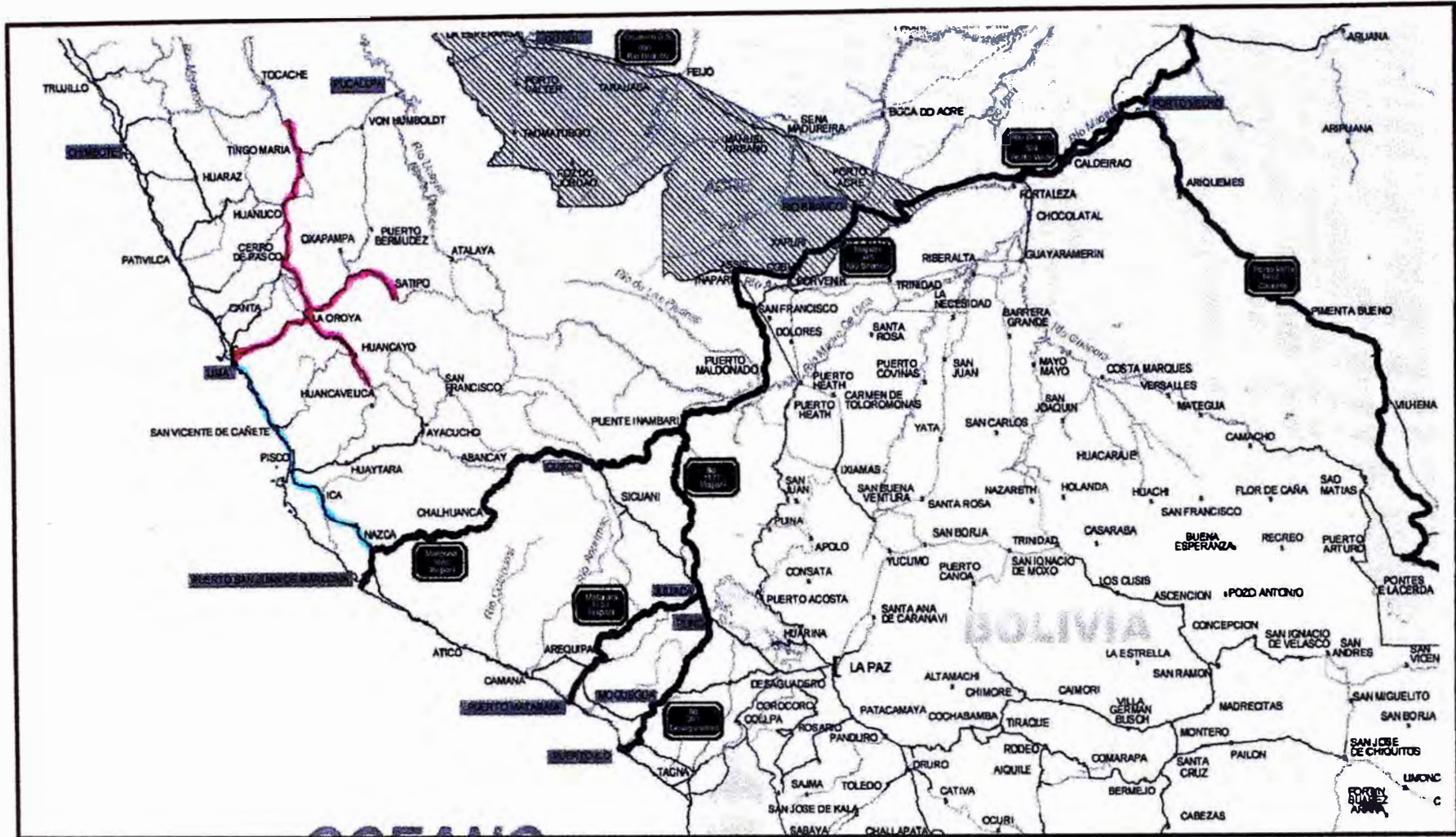
Km 69+850 Elección de un punto en la cantera San Juan para la excavación de la calicata



Condiciones actuales de la carretera Cocachacra - Matucana



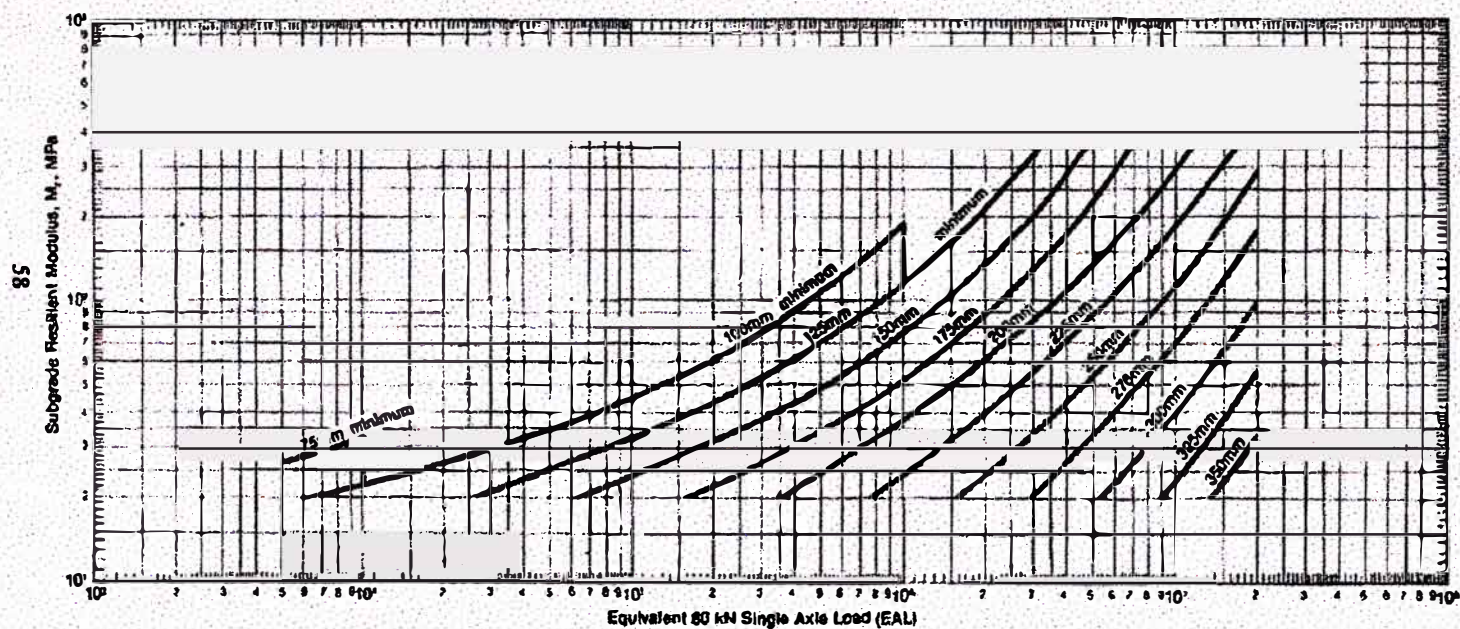
Condiciones actuales de la carretera Cocachacra - Matucana



MAPA RED VIAL: INTEGRACION CARRETERA CENTRAL - CARRETERA INTER OCEANICA

Untreated Aggregate Base 300mm Thickness

MAAT 7°C



Design Chart A-8