

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



**AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE-  
YAUYOS-HUANCAYO DEL Km. 164+100 AL Km. 164+400**

**DISEÑO DE PAVIMENTOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**MAYCOL EDUARDO FARFÁN GONZÁLEZ**

**Lima- Perú**

**2009**

## ÍNDICE DEL INFORME DE SUFICIENCIA:

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>03</b>
LISTA DE CUADROS	04
LISTA DE FIGURAS	06
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	07
LISTA DE ECUACIONES	08
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>09</b>
<b>CAPITULO I: RESUMEN DEL PERFIL</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO II: DISEÑO DE PAVIMENTOS</b>	<b>15</b>
2.1. INTRODUCCIÓN	15
2.2. GENERALIDADES	16
2.3. DISEÑO DE PAVIMENTO	20
2.3.1. <i>MÉTODOS DE DISEÑO</i>	20
2.3.2. <i>PARÁMETROS DE DISEÑO</i>	23
2.3.3. <i>DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL TRAMO EN ESTUDIO</i>	28
2.4. DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA	32
<b>CAPITULO III: EXPEDIENTE TÉCNICO</b>	<b>34</b>
3.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	34
3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	36
3.3. PLANILLA DE METRADOS	43
3.4. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	44
3.5. VALOR REFERENCIAL DETALLADO POR PARTIDAS	48
3.6. RELACIÓN DE EQUIPO MÍNIMO	49
3.7. PLANOS DE OBRAS	50
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>51</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>58</b>
Anexo 1. Método Semi-Empírico (AASHTO 93)	59
Anexo 2. Características geológicas, geodinámicas y caracterización de suelos para el tramo de estudio	60
Anexo 3. Estudio de suelos para el tramo de estudio	62
Anexo 4. Coeficientes de las capas de pavimento	64

Anexo 5.	Números estructurales según AASHTO 1993	67
Anexo 6	Carácter de clima según INSTITUTO DE ASFALTO 1993	70
Anexo 7.	Secuencia de cálculo para AASHTO 1993	71
Anexo 8.	Secuencia de cálculo para INSTITUTO DE ASFALTO 1993	77
Anexo 9.	Precios unitarios aproximados por combinación de material de pavimento propuesto	92
Anexo 10.	Características del proyecto propuesto para el tramo de estudio	97
Anexo 11.	Características de la cantera RUMICHACA I	98
Anexo 12.	Proyección de tránsito (demanda) para el tramo de estudio	101
<b>PLANOS</b>		<b>106</b>
Plano 01:	Área de estudio dentro Mapa Geológico del Cuadrángulo de Yauyos (25-I)	107
Plano 02:	Plano de ubicación de canteras: carretera Lunahuaná – Cañete – Yauyos	108
Plano 03:	Plano de ubicación de fuentes de agua: carretera Lunahuaná – Cañete – Yauyos	109

## RESUMEN

El capítulo I del presente informe expone el resumen del Estudio de Preinversión a nivel de Perfil de la carretera Ruta 22, tramo: Cañete-Yauyos-Huancayo, ejecutado por el grupo 3, que formó parte del Curso de Titulación 2009, en la especialidad de vialidad, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

En el capítulo II se detalla el proceso de diseño de pavimento ejecutado para el tramo del proyecto: **AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS – HUANCAYO DEL Km. 164+100 AL Km. 164+400**, describiendo los conceptos previos y desarrollando el proceso de diseño según las metodologías: AASHTO 1993 y del INSTITUTO DEL ASFALTO 1993, con una propuesta de diseño final de acuerdo a los resultados del proceso de diseño.

El capítulo III se desarrolla el expediente técnico para la ejecución del pavimento propuesto para el tramo de estudio, de acuerdo a los lineamientos de diseño desarrollados y normativas nacionales vigentes.

<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
1. Cuadro N° 1.01: Estado actual de la vía.	11
2. Cuadro N° 1.02: Longitud y estado actual de los tramos	11
3. Cuadro N° 1.03: Beneficios incrementales (Millones US\$) Carretera Lunahuaná – Yauyos – Huancayo (Resumen).	14
4. Cuadro N° 2.01: Clasificación de los métodos de diseño de pavimentos flexibles	20
5. Cuadro N° 2.02: Estructuración de pavimento flexible según método de diseño AASHTO 1993 calculado para el tramo de estudio	28
6. Cuadro N° 2.03: Estructuración de pavimento flexible según método de diseño del INSTITUTO DEL ASFALTO propuesto para el tramo de estudio	29
7. Cuadro N° 2.04: Resumen de estructuraciones de pavimento flexible propuestas para el tramo de estudio, por metodología y materiales considerados	29
8. Cuadro N° 2.05: Estructuraciones de pavimento flexible propuestas para el tramo de estudio, según las combinaciones de materiales considerados	30
9. Cuadro N° 2.06: Estructuración de pavimento flexible propuesta para el tramo de estudio	31
10. Cuadro N° 3.01: Planilla de Metrados	43
11. Cuadro N° 3.02: Análisis de precios unitarios para las partidas de presupuesto	44
12. Cuadro N° 3.03: Presupuesto para la construcción del pavimento	48
13. Cuadro N° 3.04: Equipo mínimo para la construcción del Pavimento	49
14. Cuadro N° C.01: Resumen de estructuraciones de pavimento flexible propuestas para el tramo de estudio, por metodología y materiales considerados	51
15. Cuadro N° C.02: Estructuraciones de pavimento flexible propuestas para el tramo de estudio, según las combinaciones de materiales considerados	52

16. Cuadro N° C.03:	Estructuración de pavimento flexible propuesta para el tramo de estudio	52
17. Cuadro N° A.01:	Cuadro resumen de clasificación de muestras de suelo	62
18. Cuadro N° A.02:	Correlación aproximada de clasificación ASSHTO con CBR (%)	62
19. Cuadro N° A.03:	Valor de CBR (%) aproximado	63
20. Cuadro N° A.04:	Temperatura media anual	70
21. Cuadro N° A.05:	Ejecución de Hoja de Excel del Ing. Pablo del Águila para el diseño de pavimentos	74
22. Cuadro N° A.06:	Tanteo de espesores de capas de pavimento: bases estabilizadas con emulsión asfáltica	75
23. Cuadro N° A.07:	Espesores de superficie de concreto asfáltico sobre bases granulares sin estabilizar	86
24. Cuadro N° A.08:	Espesores de mezcla asfáltica según espesor de base granular	86
25. Cuadro N° A.09:	Espesores mínimos de mezcla asfáltica sobre bases granulares estabilizadas con emulsiones asfálticas	90
26. Cuadro N° A.10:	Precio unitario estimado para Base estabilizada con emulsión asfáltica	95
27. Cuadro N° A.11:	Precio unitario estimado para Tratamiento Superficial Bicapa	96
28. Cuadro N° A.12:	Características de diseño	97
29. Cuadro N° A.13:	IMD del tramo DV. Yauyos – Roncha (2005)	101
30. Cuadro N° A.14:	Encuesta origen – Destino del N° de vehículos que actualmente hacen uso de la carretera Huancayo – La Oroya – Lima y viceversa (2005)	102
31. Cuadro N° A.15:	Proyecciones de tráfico - tramo 4: Dv. Yauyos - Dv. Roncha	103
32. Cuadro N° A.16:	Ejes equivalentes sencillos ( $W_{18}$ )	105

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
1. Figura N° 1.01: Mapa de ubicación del proyecto, ruta: Cañete – Yauyos – Huancayo	10
2. Figura N° 2.01: Capas típicas de los pavimentos flexibles y rígidos	17
3. Figura N° 2.02: Capas según Calidad de Terreno de Fundación.	19
4. Figura N° 3.01: Sección transversal típica de pavimento: Mezcla asfáltica en caliente (MAC).	50
5. Figura N° A.01: Carta: Coeficiente a1 según valor de estabilidad Marshall (Ib)	64
6. Figura N° A.02: Carta: Coeficiente estructural de Capa Base (a2) según parámetros de resistencia	65
7. Figura N° A.03: Carta: Coeficiente estructural de Capa Subbase (a3) según parámetros de resistencia	66
8. Figura N° A.04: Número estructural: pavimento (SN3)	67
9. Figura N° A.05: Número estructural: carpeta asfáltica (SN1 <sub>BG</sub> )	68
10. Figura N° A.06: Número estructural: carpeta asfáltica + base (SN2)	69
11. Figura N° A.07: Esquema de capas de pavimento flexible	71
12. Figura N° A.08: Pavimento de mezcla asfáltica de una sola capa (15.5 °C)	78
13. Figura N° A.09: Base granular de 10 cm (4")	80
14. Figura N° A.10: Base granular de 15 cm (6")	81
15. Figura N° A.11: Base granular de 20 cm (8")	82
16. Figura N° A.12: Base granular de 25 cm (10")	83
17. Figura N° A.13: Base granular de 30 cm (12")	84
18. Figura N° A.14: Base granular de 45 cm (18")	85
19. Figura N° A.15: Base estabilizada con emulsión asfáltica Tipo I	88
20. Figura N° A.16: Base estabilizada con emulsión asfáltica Tipo II	89
21. Figura N° A.17: Análisis físico de la cantera RUMICHACA I	99
22. Figura N° A.18: Análisis químicos de la cantera RUMICHACA I y fuentes de agua disponibles	100

## LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
TSB:	Tratamiento superficial bicapa
CAC:	Carpeta asfáltica en caliente
VAN:	Valor actual neto
TIR:	Tasa interna de retorno
CBR:	California Bearing Ratio
MDS:	Máxima densidad seca
OCH:	Óptimo contenido de humedad
EUA:	Estados Unidos de América
AASHTO:	American Association of State Highway and Transportation Officials
KN:	Kilo Newton (unidad de fuerza)
psi:	Libra por pulgada cuadrada (unidad de presión)
lb:	Libra
IMD:	Índice Medio Diario
Dv.:	Desvío
EG-2000:	Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (2000)
MDCBVT:	Manual de diseño de carreteras pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito
msnm. :	Metros sobre el nivel del mar
MAC:	Mezcla asfáltica en caliente
Ec.:	Ecuación



---

<b>LISTA DE ECUACIONES</b>	<b>Pág.</b>
1. Ec.2.01: Número estructural del pavimento (AASHTO 93)	21
2. Ec.2.02: Relación SN y espesores de pavimento (AASHTO 93)	22
3. Ec.2.03: Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr)	25
4. Ec.A.01: Ecuación de definición de tránsito	103
5. Ec.A.02: Sumatoria de ejes equivalentes para el período de Diseño	104

## INTRODUCCIÓN

La carretera Cañete-Yauyos-Huancayo forma parte de la red nacional (ruta 22) y permite la comunicación entre los departamentos de Lima y Junín. Actualmente la carretera Central, debido al congestionamiento vehicular que presenta, es considerada como colapsada, sin capacidad de satisfacer la demanda vehicular (transporte en general entre el departamento de Lima y Junín). Esta condición exige el estudio de vías alternativas para desviar la demanda de tráfico y facilitar el tránsito a los usuarios. La carretera Cañete-Yauyos-Huancayo es considerada entonces como una vía alternativa posible para la problemática planteada. Considerando este requerimiento y para impulsar el desarrollo entre Cañete y Huancayo, se considera en este estudio la ampliación y mejoramiento del tramo comprendido entre las progresivas Km. 164+100 y Km. 164+400, planteando la ampliación de la plataforma así como una revisión y mejoramiento del diseño geométrico actual, dentro del marco general de la demanda prevista para la carretera Cañete-Yauyos-Huancayo.

Se evaluarán los aspectos de diseño geométrico, diseño de la estructura del pavimento, estudios de suelos, estabilidad de taludes, diseño de obras de drenaje y estudio de la erosión de laderas del tramo de vía comprendido entre las progresivas Km. 164+100 y Km. 164+400 de la carretera Cañete-Yauyos-Huancayo.

En el presente informe se realizará el diseño de pavimentos de acuerdo a los lineamientos y demanda indicadas en el proyecto: **AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUYOS –HUANCAYO DEL Km. 164+100 AL Km. 164+400.**

## I.- RESUMEN DEL PERFIL [16]

### 1. ASPECTOS GENERALES

#### 1.1 Nombre del Proyecto

Estudio de Preinversión a nivel de Perfil de la carretera Ruta 22, tramo: Cañete-Yauyos-Huancayo.

#### Ubicación

La ruta del estudio se encuentra ubicada entre las provincias de Cañete (13°04'53" S – 76°24'01" O) y Yauyos (12°27'38" S – 75°55'22" O) en el departamento de Lima y Huancayo (12°04'29" S – 75°12'38" O) en el departamento de Junín.

Figura N° 1.01: Mapa de ubicación del proyecto, ruta: Cañete – Yauyos - Huancayo



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

#### 1.2 Marco de Referencia

La carretera existente (Cañete-Lunahuaná-Huancayo) tiene una longitud de aproximadamente 295.810 Km., ha sido construida por el MTC, según requerimientos solicitados por el gobierno de turno.

Cuadro N° 1.01: Estado actual de la vía

ASFALTADO(Km)	TRATAMIENTO SUPERFICIAL (Km)	AFIRMADO(Km)
52.05	15.27	228.49

Fuente: Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca; PROVIAS NACIONAL [7]

## 2. IDENTIFICACIÓN

### 2.1 Diagnóstico de la situación actual

Se considerará la vía en estudio para el presente perfil como una trocha en mal estado. Las longitudes y sus tipos de superficie de rodadura de los tramos de estudio son las mostradas en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 1.02: Longitud y estado actual de los tramos

TRAMO	VÍA	TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	LONGITUD (km)
Cañete-Lunahuaná	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	40.95
Lunahuaná-Pacarán	Asfaltada	Tratamiento superficial	15.27
Pacarán-Zúñiga	Afirmada	Afirmado	4.15
Zúñiga-Dv. Yauyos	Afirmada	Afirmado	72.60
Dv. Yauyos-Roncha	Afirmada	Afirmado	135.13
Roncha-Chupaca	Afirmada	Afirmado	16.61
Chupaca-Huancayo	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	11.10

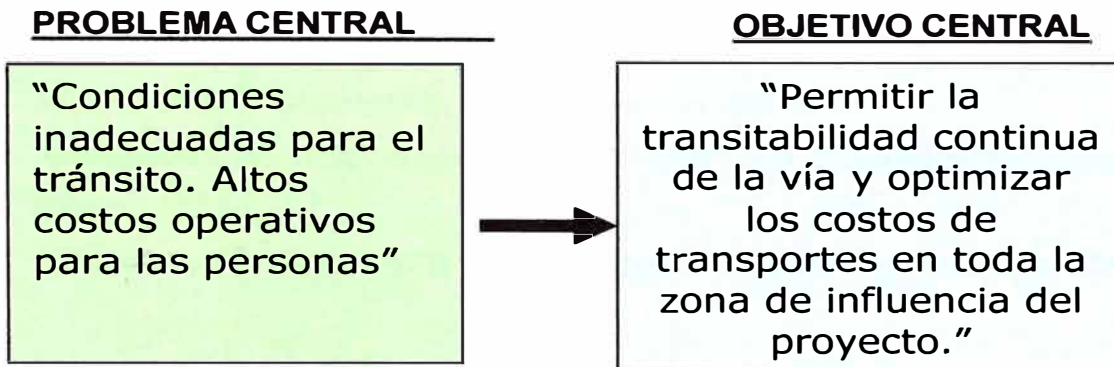
Fuente: Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca PROVIAS NACIONAL [7]

## 2.2 Descripción del problema y sus causas.

Problema central: “Condiciones inadecuadas para el tránsito. Altos costos operativos para los usuarios.”

Efecto último: “Desarrollo lento de la población”.

## 2.3 Objetivo del Proyecto



El objetivo del proyecto es “Permitir la transitabilidad continua de la vía y optimizar los costos de transportes en toda la zona de influencia del proyecto”.

Fin Último: “Apoyar a la mejora del nivel de vida de la población de la provincia”.

Las acciones planteadas para cada medio fundamental son:

### ***Programa de mantenimiento y conservación de la vía.***

- Programación de mantenimientos periódicos y rutinarios

### ***Adecuar el estándar de la superficie de rodadura y sistemas de drenaje a la demanda potencial***

- Mejoramiento del diseño geométrico y ancho de calzada.
- Mejoramiento del Drenaje
- Construcción de muros de sostenimiento en puntos críticos.
- Mejoramiento de Pavimento.

## 2.4 Alternativas de solución

Se plantearon tres alternativas de solución para la carretera Lunahuaná-Yauyos-Chupaca, con las características siguientes:

### **Características comunes:**

Mejoramiento del trazo vial (incluyendo señalización), obras hidráulicas, y solución a problemas de estabilidad de taludes, actividades de mantenimiento periódico, rutinario y de mitigación de impacto ambiental

**Alternativa 1:** Colocación de una capa de **afirmado**.

**Alternativa 2:** Colocación de pavimento con **tratamiento superficial bicapa (TSB)**.

**Alternativa 3:** Colocación de una **carpeta asfáltica en caliente (CAC)**.

## 3. EVALUACIÓN A NIVEL DE PERFIL

La carretera ha sido dividida en 5 tramos, según características y demanda existente de tráfico. En función al análisis realizado, la alternativa a nivel Asfaltado es rentable con el primer, segundo y quinto tramo, y que no es rentable ningún mejoramiento para el tercer y cuarto tramo, sólo trabajos de conservación vial.

Cuadro N° 1.03 – Beneficios incrementales (Millones US\$) Carretera Lunahuaná  
– Yauyos – Huancayo (resumen)

Ítem	Tramo	Longitud del tramo (Km)	IMD	Alternativa Afirmado		Alternativa Tratamiento Superficial Bicapa		Alternativa Asfaltado	
				VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR
1	Lunahuaná - Pacarán	15.27	323	0.48	12.91%	0.32	12.13%	0.55	12.70%
2	Pacarán - Zúñiga	4.15	266	0.01	11.22%	-0.02	10.67%	0.01	11.14%
3	Zúñiga - Yauyos	72.6	35	-11.64	-3.09%	-13.03	-2.23%	-14.54	-1.26%
4	Yauyos - Ronchas	135.13	21	-25.26	-8.28%	-28.16	-6.50%	-31.77	-5.24%
5	Ronchas - Chupaca	16.61	344	1.27	15.49%	1.11	14.42%	1.45	14.76%

Fuente: Grupo 3, Curso de titulación 2009-I

## II.- DISEÑO DE PAVIMENTOS.

### 2.1.- INTRODUCCIÓN

La carretera Cañete-Yauyos-Huancayo es parte de la red nacional y permite la comunicación entre los departamentos de Lima y Junín.

Debido al congestionamiento vehicular que presenta la carretera central en la actualidad, y para impulsar el desarrollo entre Cañete y Huancayo se realizará la ampliación de la plataforma así como una revisión y mejoramiento del diseño geométrico actual.

Se evaluarán los aspectos de diseño geométrico, diseño de la estructura del pavimento, estudios de suelos, estabilidad de taludes, diseño de obras de drenaje y estudio de la erosión de laderas del tramo de vía comprendido entre las progresivas Km. 164+100 y Km. 164+400 de la carretera Cañete-Yauyos-Huancayo.

En el presente informe se realizará el diseño de pavimento bajo dos metodologías y comparación de resultados para el proyecto: **AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE – YAUYOS – HUANCAYO DEL Km. 164+100 AL Km. 164+400.**



## **2.2.- GENERALIDADES:**

### **2.2.1.- DEFINICIÓN DE PAVIMENTO:**

Según Antonio Ortega Maldonado [3], se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los de los terraplenes (materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por ello resultan económicos).

La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá de su material, también influye el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad: si un material no se acomoda adecuadamente, se consolida por efecto de las cargas y se producen deformaciones permanentes.

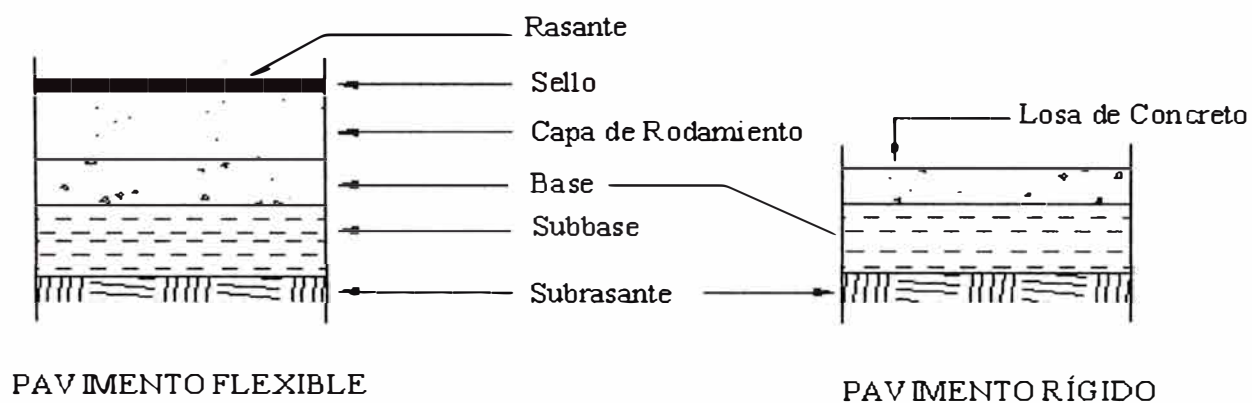
### **2.2.2.- TIPOS DE PAVIMENTO:**

De acuerdo al Estudio de la rehabilitación de la carretera Bambamarca – Atoshaico tramo II [1], los pavimentos pueden clasificarse en:

- i) Pavimentos Flexibles: Su estructura y rigidez que posibilitan al pavimento a transmitir la carga que reciben hacia la sub rasante únicamente en áreas próximas a la zona de aplicación de ésta. Están constituidas por una o más capas de materiales, debiendo tener una capa de material bituminoso y capas de áridos colocados sobre capas de materiales granulares (ver figura 3).

- ii) Pavimentos Rígidos: Su estructura y rigidez transmiten cargas uniformemente en una extensión considerable y a una distancia apreciable del punto de aplicación. Ejemplo típico: losas de concreto simple o armado colocados sobre el terreno natural previamente compactado o bases de suelo granular (ver figura 3).
- iii) Pavimentos Mixtos: Combinación de los tipos de pavimentos anteriormente descritos. Se requieren como resultado de la rehabilitación o la reconstrucción de pavimentos existentes, o cuando la resistencia exigida es muy alta.

Figura N° 2.01: Capas típicas de los pavimentos flexibles y rígidos



Fuente: *Elaboración propia*

### 2.2.3.- ELEMENTOS CONFORMANTES DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES:

Según Antonio Ortega Maldonado [3] y Luis Antonio Contreras Parraga [9], los elementos conformantes de los pavimentos flexibles pueden clasificarse en:

- i) **SUBRASANTE:** o suelo de fundación, es la capa de terreno natural o la última capa del relleno, preparada y compactada y donde se asentará el pavimento. Su función es soportar las cargas que transmite el pavimento y darle sustentación, se considera como la cimentación del pavimento. A mayor calidad se tenga en esta capa el espesor del pavimento será más reducido (ahorro en costo).
- ii) **SUB-BASE:** Capa de material selecto. Su función es de aporte estructural al pavimento y de aporte económico, permite convertir un cierto espesor de la

base a un espesor equivalente de sub-base. No siempre se emplea en el pavimento. Sus características tienen valores menores a los exigidos en los materiales de base. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a la sub-rasante.

- iii) **BASE:** Capa de material selecto. Recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga es baja en la superficie por falta de confinamiento. Esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas sin deformarse y transmitir las adecuadamente a las capas inferiores. En el caso de la granulometría, es de mayor importancia que el material tenga un CBR (valor relativo de soporte) y una plasticidad mínima.

En algunos casos está formada por una mezcla estabilizada con cemento u otro material ligante o mezcla bituminosa; dependiendo de la importancia de la vía, del tráfico, del periodo de diseño, etc.

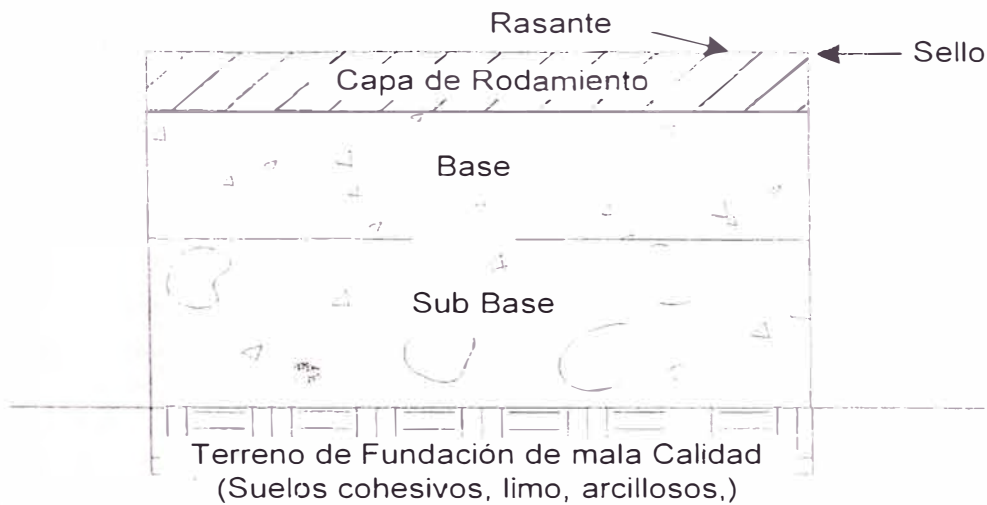
- iv) **CARPETA DE RODADURA:** Capa superficial del pavimento que va colocada sobre la base, puede ser un tratamiento superficial, concreto asfáltico en caliente, etc.; la composición material común de esta capa es de agregados minerales y asfalto, su función principal de esta capa es impermeabilizar la superficie y evitar posibles infiltraciones del agua de las precipitaciones en las capas inferiores que podrían saturarlo y causar deformaciones, resistir la presión de los neumáticos y las fuerzas abrasivas del tránsito para evitar el derrape de los vehículos. Dependiendo del espesor de esta capa se considerara como aporte estructural para el soporte del pavimento.

- v) **CARPETA DE DESGASTE O SELLO:** Su fin es de aumentar la resistencia al deslizamiento y la durabilidad contrarrestando la desintegración y la permeabilidad de la superficie de rodadura, se tendrá que hacer el de llenado de vacíos y grietas, mediante la aplicación de un revestimiento con emulsiones asfálticas y agregado fino, dentro de estos sellos se encuentran la lechada asfáltica (slurry seal) y los microaglomerados (microsurfacing).

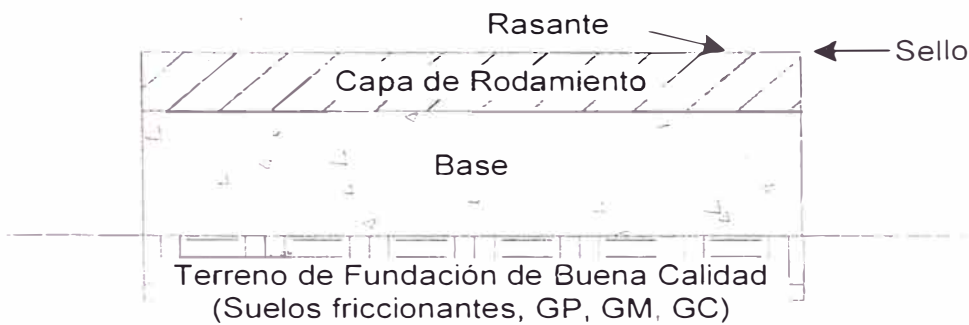
La figura a continuación muestra la disposición de las capas según la calidad del terreno de fundación (sub-rasante):

Figura N° 2.02: Capas según Calidad de Terreno de Fundación

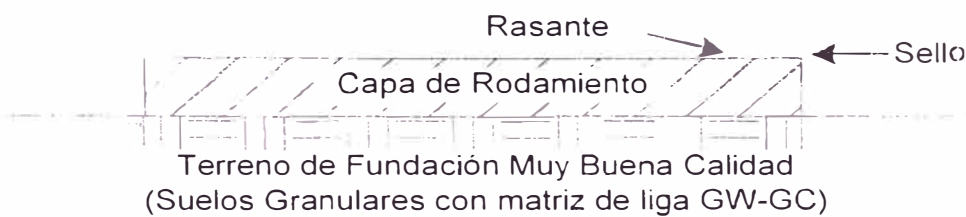
**Tipo 1: Terreno de Fundacion de Baja Calidad**



**Tipo 2: Terreno de Fundacion de Buena Calidad**



**Tipo 3: Terreno de Fundacion de Muy Buena Calidad**



*Fuente: Informe de suficiencia: Diseño de pavimentos mezcla asfáltica en caliente – Contreras Parraga, Luis Antonio [9]*

## 2.3.- DISEÑO DE PAVIMENTO:

### 2.3.1.- MÉTODOS DE DISEÑO:

Los métodos de diseño para pavimentos flexibles se pueden resumir de una manera general en cinco categorías:

Cuadro N° 2.01: Clasificación de los métodos de diseño de pavimentos flexibles

Método	Diseño en función de ...	Limitaciones
Semi empírico.	Tipo de suelo (granulometría y plasticidad) y un índice de Resistencia, el CBR.	Todas las desventajas de la Correlación experimental.
Equilibrio limite.	La resistencia al esfuerzo Cortante de los suelos.	Los pavimentos fallan primero por pérdida de funcionalidad.
Deflexión limite.	La deflexión permisible en la superficie del pavimento.	Los pavimentos fallan por esfuerzos y deformaciones excesivos, y no necesariamente por deflexiones excesivas.
Regresión.	Resultados obtenidos en tramos de rueda.	Solo aplicable para las condiciones de prueba.
Racional	La mecánica de los materiales que conforman el pavimento.	Necesita una calibración en función del comportamiento real observado. Asume las hipótesis de las teorías de la elasticidad y la visco-elasticidad.

*Fuente: Pavimentos flexibles Problemática Metodologías de Diseño y Tendencias – Instituto Mexicano de Transporte [4].*

## DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE DISEÑO A APLICAR EN EL TRAMO DE ESTUDIO:

### A) MÉTODO SEMI-EMPÍRICO (AASHTO 93):

Según [4], el actual método de la AASHTO, versión 1993, describe con detalle los procedimientos para el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles y rígidos de carreteras. En el caso de los pavimentos flexibles, el método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales. El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general Ec.2.01:

Ec. 2.01: Número estructural del pavimento (AASHTO 93)

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

Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; *Ingeniería de Pavimentos* [10]

(Ver descripción del método en anexo 1)

SN: número estructural requerido por la sección de carretera

W18: número de ejes equivalentes de 80 kN (18,000 lb), en el período de diseño.

Z<sub>R</sub>: desviación estándar normal (depende de la confiabilidad, R, de diseño)

S<sub>o</sub>: error estándar por efecto del tráfico y comportamiento

ΔPSI: variación del índice de serviciabilidad.

M<sub>R</sub>: módulo resiliente de la subrasante medido en psi

SN se convierte en espesores de carpeta asfáltica, base y sub base, mediante coeficientes de capa. La ecuación de diseño es la siguiente:

Ec.2.02: Relación SN y espesores de pavimento (AASHTO 93)

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

*Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos [10]*

Donde:

ai: coeficiente de la capa i (1/pulg.)

Di: espesor de la capa i (pulg.)

Mi: coeficiente de drenaje de la capa i (adimensional)

Los subíndices 1,2 y 3 se refieren a las capas de carpeta asfáltica, base y sub base (si se aplica) respectivamente. Los coeficientes de capa dependen del módulo resiliente del suelo ( $M_R$ ).

### **B) MÉTODO RACIONAL: INSTITUTO DEL ASFALTO 1993:**

Según Alfonso Montejo Fonseca [10], considera al pavimento como un sistema elástico de varias capas y para su análisis se emplean conceptos teóricos y experimentales, así como datos de ensayos y un programa de computador. Sin embargo, tras varias ejecuciones de su programa, el Instituto del asfalto ha creado una serie de gráficas que permiten la aplicación del método en forma rápida y sencilla.

El método presenta un procedimiento para el diseño estructural de los espesores de pavimentos utilizando mezcla asfáltica o emulsiones asfálticas en todo o en parte de la estructura del pavimento, considerando varias combinaciones de carpeta de rodadura con bases con emulsiones asfálticas o bases y subbases granulares, en base a las propiedades de la sub rasante, propiedades de los materiales a utilizar en el pavimento, temperatura ambiente y valores de tráfico requeridos.

### 2.3.2.- PARÁMETROS DE DISEÑO:

Los parámetros se han considerado para el diseño con las alternativas para los materiales de superficie de rodadura, base y subbase siguientes:

Carpeta de rodadura: Mezcla asfáltica en caliente (MAC) o Tratamiento Superficial Bicapa (TSB)

Base: Materiales granulares o Mezcla estabilizada de material granular con emulsión asfáltica.

Subbase: Material granular

Po tanto, los parámetros son:

- Proyección de tránsito (demanda): a partir de estudios efectuados por la Dirección de Desarrollo Vial en marzo de 2005 para la carretera Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Chupaca [7], donde sus resultados de censos de tráfico y encuestas origen – destino dan como resultado la representación del tránsito para el carril de diseño, proyectado al año 2029 (ver anexo 12):  **$W_{18} = 86,477$  ejes equivalentes**

De acuerdo a la clasificación según rangos de ejes equivalentes, indicados en el Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito [2], se ha clasificado en:  **$W_{18} = 86,477 \rightarrow$  Tráfico T1 (50,000 <  $W_{18}$  < 150,000)**

- Caracterización del medio físico: Geomorfología – Geología – Geodinámica – Suelos:

Según estudios efectuados por la Dirección de Desarrollo Vial en marzo de 2005 para la carretera Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Chupaca [7], las características son:

*Geomorfología*: zona inestable, fenómenos geodinámicos como derrumbes, deslizamiento, erosión de ribera, fenómenos de huaycos, entre otros.

*Geología*: En general se aprecia (ver detalle en anexo 2):



- Mayor cantidad de detritos
- Pendientes desfavorables al corte
- Inestabilidad de taludes

**Geodinámica:** influencia de la sismicidad en los centros poblados y obras de ingeniería del área de estudio, con problemas de desprendimiento de rocas que comprometan sembríos y vías de comunicación, reactivación de deslizamientos, etc.

**Suelos (caracterización):** tierras de protección (X, uso no económico, para protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros para beneficio o de interés social)

- Estudio de suelos: el promedio de los resultados de las calicatas cercanas es (ver anexo 3): **CBR (%) = 50% (valor mínimo conservador), hasta el nivel: - 1.20 m**

- Clima: según estudio efectuado por PROVIAS-MTC en julio de 2005 [18], se trata de un clima templado frío – subhúmedo y con una **temperatura media anual que fluctúa entre 6 y 12° C. Las temperaturas medias mensuales no difieren más de 2°C de la media anual.**

- Período de diseño: Se utilizó **el valor de 10 años para el período de diseño**, como condición de proyecto, definido en los términos de referencia [19].

#### **A) PARÁMETROS PARA EL MÉTODO SEMI-EMPÍRICO (AASHTO 93):**

- Desviación Estándar Normal según factor de confiabilidad ( $Z_R$ ): De acuerdo al MDCBVT [2], considera: Según:  $W_{18} = 86,477$ , por tanto: **confiabilidad 60% ( $Z_R = -0.253$ )**

- Desviación Estándar Global ( $S_o$ ): De acuerdo al MDCBVT [2], considera: Para Tráfico T1 ( $50,000 < W_{18} < 150,000$ ):  **$S_o = 0.45$**

- Módulo Resiliente de la Subrasante ( $M_r$ ): La guía AASHTO propone una ecuación de correlación para obtener el  $M_r$  a partir del CBR, para suelos granulares y CBR mayores al 15% (suelos granulares) [10]:

### Ec.2.03: Módulo resiliente de la subrasante ( $M_r$ )

$$M_r = 4326 * \ln(\text{CBR}) + 241$$

*Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos [10]*

El valor de CBR representativo del tramo es 50% (a -1.20m), reemplazado en Ec.2.03:  **$M_{r\text{SUBRASANTE}} = 17164.4 \text{ psi}$**

- Caracterización de las capas de pavimento: La guía AASHTO caracteriza las capas a través de los coeficientes estructurales de capa ( $a_i$ ), para la conversión de los espesores en un número estructural (SN) [10]:

*Coefficiente de la capa de Concreto Asfáltico ( $a_1$ )*: Considerando el valor de estabilidad de Marshall mínima EG-2000 [8] como condición de referencia, para alturas mayores a 3,000 m.s.n.m. es 8KN (1798 lb), por tanto (ver anexo 4):  **$a_1 = 0.43/\text{pulgadas}$**

*Coefficiente estructural de Base Granular ( $a_{2\text{granular}}$ )*: El valor mínimo de CBR para bases granulares exigida por la norma EG-2000 [8], para tráfico pesado es 100%, por tanto (ver anexo 4):  **$a_{2\text{granular}} = 0.14/\text{pulgadas}$**

*Coefficiente estructural de Base tratada con emulsión asfáltica ( $a_2$ )*: De acuerdo a experiencias anteriores [13], donde se obtuvieron resultados de estabilidad Marshall de 2000 lb como mínimo y , el valor de  $a_2$  se puede establecer conservadoramente como (ver anexo 4):  **$a_{2\text{emulsión asfáltica}} = 0.30/\text{pulgadas}$**

Dicha mezcla presenta un valor de  $M_r = 300 \text{ ksi}$ , por comparación dentro del ábaco indicado en anexo 4.

*Coefficiente estructural de Subbase Granular ( $a_3$ )*: El valor mínimo de CBR para subbases granulares exigida por la norma EG-2000 [8], para altitud > 3,000 m.s.n.m. es 40%, la cantera más cercana con datos disponibles [20] al tramo de estudio es la cantera Rumichaca I, cuyo valor de CBR es de 90% al 100% de la MDS, por tanto (ver anexo 4):  **$a_3 = 0.138/\text{pulgadas}$**

- Comportamiento funcional – Serviciabilidad: El MDCBVT [2] indica para un volumen de tránsito tipo T1 ( $50,000 < W18 < 150,000$ ) un valor de PSI de:  $\Delta PSI = 2.5$

- Coefficiente de Drenaje (mi): De acuerdo al MDCBVT [2], considerando un valor promedio de condición de drenaje (Regular) y por su altitud (3,300 m.s.n.m.) se consideró que está expuesta a condiciones de saturación de 5 – 25% del tiempo, por tanto:  $m_2, m_{3_{granular}} = 0.9$

Estos coeficientes sólo aplican para bases y subbases granulares [10].

- Número estructural requerido para la carpeta asfáltica (SN1), carpeta asfáltica + base (SN2), pavimento (SN3):

El número estructural es obtenido por solución de la ecuación (Ec.2.01), con los parámetros ya obtenidos. Para efectos de facilidad de cálculo, se ha utilizado el programa EqAASHTO93 [21] con los resultados siguientes (ver anexo 5):

$$SN_{\text{CARPETA ASFÁLTICA SOBRE BASE GRANULAR}} = SN1_{BG} = 1.28 \text{ (AASHTO 1993)}$$

$$SN_{\text{CARPETA ASFÁLTICA SOBRE BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA}} = SN1_{EA} = \text{NO APLICA [10]}$$

$$SN_{\text{CARPETA ASFÁLTICA + BASE}} = SN2 = 1.29 \text{ (AASHTO 1993)}$$

$$SN_{\text{PAVIMENTO}} = SN3 = 1.37 \text{ (AASHTO 1993)}$$

## **B) PARÁMETROS PARA EL MÉTODO RACIONAL: INSTITUTO DEL ASFALTO:**

- Módulo resiliente (Mr) de subrasante: Es considerado el valor previamente obtenido en 2.3.2:  $Mr_{\text{SUBRASANTE}} = 17164.4 \text{ psi}$

- Condiciones ambientales: La temperatura promedio del tramo de estudio es de  $9 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , es considerado en el segundo rango (ver anexo 6): **Temperatura Media Anual:  $15.5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $60 \text{ }^\circ\text{F}$ ) <> Efecto de la helada: Posible**

- Análisis de tráfico - Estimación del EAL: Es considerado el valor previamente obtenido en 2.3.2.A:  **$W_{18} = 86,477$  ejes equivalentes**

### 2.3.3.- DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL TRAMO EN ESTUDIO:

Este análisis debe ser complementado, según José Céspedes Abanto [11], para el cálculo de pavimentos flexibles, con la consideración de que el espesor de la capa de rodamiento (superficie) sea de 2" (5 cm) mínimo, y que el espesor de la capa de base granular tenga no menos de 3" (7.5 cm) de espesor.

El diseño se aplica para cada metodología:

#### **A) Determinación de estructura de pavimento flexible – AASHTO 1993:**

A partir de los parámetros definidos en (2.3.2.A), y de la secuencia de cálculo indicado en anexo 7, la estructura teórica propuesta es:

Cuadro Nº 2.02: Estructuración de pavimento flexible según método de diseño AASHTO 1993 calculado para el tramo de estudio

ALTERNATIVAS	(a)	(b)	(c)
CAPA	H (pulgadas)	H (pulgadas)	H (pulgadas)
Superficie de rodadura	4 (mezcla asfáltica)	3 (mezcla asfáltica)	2 (TSB)
Base			5 (estabilizado con emulsión asfáltica)
Subbase granular		3 (mínimo)	

Fuente: Elaboración propia

#### **B) Determinación de estructura de pavimento flexible – INSTITUTO DEL ASFALTO:**

A partir de los parámetros definidos en (2.3.2.B), y de la secuencia de cálculo indicado en anexo 8, la estructura teórica propuesta es:

Cuadro N° 2.03: Estructuración de pavimento flexible según método de diseño  
INSTITUTO DEL ASFALTO 1993 calculado para el tramo de estudio

ALTERNATIVAS	(a)	(b)	(c)
CAPA	H (pulgadas)	H (pulgadas)	H (pulgadas)
Superficie de rodadura	4 (mezcla asfáltica)	3 (mezcla asfáltica)	2 (TSB)
Base		4 (base granular)	4 (estabilizado con emulsión asfáltica)
Subbase granular			

Fuente: Elaboración propia

**C) Comparativa entre estructuras propuestas – Diseño propuesto final para el tramo de estudio:**

Las estructuras de pavimento flexible propuestas se comparan entre ambas metodologías considerando las alternativas de materiales indicadas:

Cuadro N° 2.04: Resumen de estructuraciones de pavimento flexible propuestas para el tramo de estudio, por metodología y materiales considerados

CAPA	(a)		(b)		(c)	
	AASHTO 1993	INST. ASFALTO 1993	AASHTO 1993	INST. ASFALTO 1993	AASHTO 1993	INST. ASFALTO 1993
Superficie de rodadura	4" (mezcla asfáltica)	4" (mezcla asfáltica)	3 (mezcla asfáltica)	3 (mezcla asfáltica)	2 (TSB)	2 (TSB)
Base				4 (base granular)	5 (estabilizado con emulsión asfáltica)	4 (estabilizado con emulsión asfáltica)
Subbase granular			3 (mínimo)			

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia una similitud entre los resultados de ambas metodologías, pero bajo la consideración de que los menores espesores ocasionan menores costos y que los materiales de bases granulares son de menor costo que los materiales de

subbases granulares [10], las estructuraciones elegidas para cada combinación de materiales es:

Cuadro N° 2.05: Estructuraciones de pavimento flexible propuestas para el tramo de estudio, según las combinaciones de materiales considerados

	(a)	(b)	(c)
CAPA	AASHTO / INST. ASFALTO 1993	AASHTO 1993	INST. ASFALTO 1993
Superficie de rodadura	4" (mezcla asfáltica)	3 (mezcla asfáltica)	2 (TSB)
Base			4 (estabilizado con emulsión asfáltica)
Subbase granular		3 (mínimo)	

Fuente: *Elaboración propia*

Bajo la estimación de precios unitarios aproximados y procesos constructivos considerados para cada combinación de material, los costos unitarios aproximados por m<sup>2</sup> de estructura de pavimento considerado sin considerar las partidas comunes dentro de la ejecución del proyecto son (ver anexo 9):

(a) *Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica (full depth): SI. 34.03*

(b) *Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica, subbase de agregado granular: SI. 31.07*

(c) *Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica, base granular tratada con emulsión asfáltica: SI. 38.45*

Por comparación de costos unitarios aproximados por m<sup>2</sup>, se identifica entonces la alternativa más económica, la cual es:

Cuadro N° 2.06: Estructuración de pavimento flexible propuesta para el tramo de estudio

CAPA	(b) AASHTO 1993
Superficie de rodadura	3 (mezcla asfáltica)
Base	
Subbase granular	3 (mínimo)

Fuente: *Elaboración propia*



## 2.4.- DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA:

La estructura de pavimento propuesta para el tramo de estudio considera como superficie de rodadura a una **Carpeta Asfáltica con mezcla asfáltica normal en caliente (MAC)**, con las siguientes características:

- **Procedimiento:** ejecución de un trabajo de escarificación superficial y compactación de 30cm para subrasante como mínimo [8], colocación de la capa de base granular 6", aplicación de un revestimiento de imprimación y a continuación la capa de mezcla asfáltica en caliente (MAC) de 3".

- **Agregados para mezcla asfáltica en caliente:** de acuerdo a la norma EG-2000 (MTC), capítulo 4, sección 410 [8], la altitud del tramo superior a los 3,000 m.s.n.m.,  $W_{18} = 86477$  y espesor de base granular = 6" (150 mm) los agregados gruesos deben cumplir con las exigencias de calidad indicadas en el cuadro 410.1 y 410.4 de la norma mencionada [8]. Para los agregados finos, los requerimientos de calidad se indican en el cuadro 410.3, 410.5 y 410.6 de la norma mencionada [8]. La gradación requerida para la mezcla asfáltica deberá responder a alguno de los husos granulométricos indicados en el cuadro 410.02(c)(1) de la norma mencionada [8].

La cantera elegida para ser la fuente de agregados es: Cantera: **RUMICHACA I (km. 136+200)**, para la gradación de tipo MAC – 1 [8]. Su valor de índice de plasticidad varía entre 7.7 y NP [20], no cumple con el requerimiento, por tanto durante la extracción del material de la cantera se deben efectuar trabajos de lavados de finos para reducir su índice de plasticidad.

- **Cemento asfáltico:** si la temperatura media anual del tramo de estudio es de  $9^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  [18], entonces según EG-2000 [8]:

Cemento Asfáltico: 85-100 (clasificado por penetración) ~ AC – 5 (clasificado por viscosidad)

Se considerará las especificaciones indicadas en el capítulo 400 "Disposiciones Generales para la Ejecución de Riegos de Imprimación y Liga, Tratamientos Superficiales, Sellos de Arena Asfalto, Lechadas Asfálticas, Mezclas Densas y Abiertas en Frio y en Caliente", subsección 400.02(b), de la norma EG-2000 [8].

**- Mezcla asfáltica:** Se considerará las especificaciones indicadas en el capítulo 4 “Pavimento asfáltico”, sección 410 “Pavimento de Concreto Asfáltico Caliente”, de la norma EG-2000 [8]. Son diseñadas actualmente por medio de procedimientos empíricos de laboratorio, se requieren de series de ensayos y conocimientos previos para correlacionar el comportamiento del pavimento con los trabajos de laboratorio. Para diseño de mezclas preliminares, es aconsejable comenzar con una graduación de agregado que se acerque a los límites establecidos. Las mezclas de prueba iniciales sirven para establecer la fórmula de trabajo y verificar que la graduación de agregado dentro de los límites especificados puede ser producida en una planta mezcladora. Se recomienda que antes de iniciar los trabajos se ejecute un tramo de prueba para verificar el comportamiento del diseño, estado de los equipos y determinar en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas por supervisor de la obra el método final de preparación, transporte, colocación y compactación de la MAC, para cumplir los requisitos especificados.

### III.- EXPEDIENTE TÉCNICO.

#### 3.1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

El Proyecto **AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUYOS –HUANCAYO DEL Km. 164+100 AL Km. 164+400**, fue realizada bajo los criterios de diseño y especificaciones de la norma EG 2000 [8], MDCBVT [2] y DG-2001 [22]. Los trabajos a ejecutar para la construcción del pavimento son:

##### **- Trabajos de movimientos de tierras:**

**Trabajos preliminares:** inicialmente se ejecutarán trabajos menores de limpieza superficial, así como trabajos de topografía y replanteo del trazo para el tramo de estudio.

**Escarificado y conformación de la subrasante (nivel + 0.00):** Se ejecutará después de terminadas las obras de arte. Se escarificará el terreno correspondiente a la vía existente un espesor de 30cm con motoniveladora de 125 HP. Posteriormente se nivelará y compactará en 2 capas de 15cm cada una con riegos de agua (con camión cisterna 4x2) y pasadas con rodillo liso vibratorio autopropulsado 70-100 HP, hasta alcanzar mínimo el 95% de la MDS del material. Se efectuarán 6 controles de densidad por cada capa compactada.

**Relleno con material de préstamo (nivel +0.00):** Se ejecutará después de terminadas las obras de arte. Se ejecutará en zonas donde se requiere de completar el nivel de la subrasante, de acuerdo a cortes transversales. Se ejecutará en capas de 15 cm, con una escarificación y compactación previa del terreno natural. Las 2 últimas capas se compactarán con hasta alcanzar mínimo el 95% de la MDS del material, el resto hasta alcanzar mínimo el 90% de la MDS del material. Se efectuarán 6 controles de densidad por cada capa compactada. La compactación se ejecutará con compactador vibratorio tipo plancha de 5.8 HP, o con un rodillo liso vibratorio autopropulsado de 70-100 HP y esparcido con motoniveladora de 125 HP, dependiendo de la facilidad de acceso al ancho de trabajo de la capa a rellenar, se ha considerado una diferenciación de 1.50m la cual puede ajustarse en campo.

### **- Trabajos de construcción de pavimento:**

**Subbase granular E=0.075M (nivel + 0.075):** Se colocará y distribuirá material de préstamo, ancho de 8.00m, con motoniveladora de 125 HP. Posteriormente se nivelará y compactará en una capa de 7.5 cm (3") con riegos de agua (con camión cisterna 4x2) y pasadas con rodillo liso vibratorio autopropulsado 70-100 HP, hasta alcanzar mínimo el 100% de la MDS del material. Se efectuarán 10 controles de densidad.

**Imprimación en calzada (nivel +0.075):** aplicación de imprimación sobre la calzada, para un ancho de 7.00m. Primero se efectuará una limpieza con una barredora mecánica 10-20HP, luego un camión imprimador 6x2 178-210 HP ejecutará la aplicación de la imprimación, aplicado por separado en cada ancho de base. Después que se haya aplicado el asfalto deberán transcurrir un mínimo de 4 horas, antes que se aplique la arena de recubrimiento, si se necesita para absorber posibles excesos en el riego asfáltico. Tendrá un curado de mínimo 4 días.

**Carpeta asfáltica en caliente E=3" (nivel + 0.15):** Sólo se colocará cuando la base esté seca y en buenas condiciones, la temperatura atmosférica a la sombra sea superior a 10°C en ascenso, el tiempo no esté neblinoso ni lluvioso y el trabajo se pueda ejecutar bajo luz solar. No debe transcurrir mucho tiempo desde la imprimación asfáltica para que no se vea afectada su capacidad adherente, evitando la colocación de un riego de liga adicional. Se colocará y distribuirá mezcla asfáltica desde la planta de asfalto, para un ancho de 7.00m, con dos pavimentadoras sobre orugas de 69 HP (logra junta monolítica y cerrada), con enrase y nivelado manual tras ella. Posteriormente se compactará primero con rodillo tándem estático (145°C a 150 °C), tras enfriar a 115 °C se pasará con rodillo neumático en la fase intermedia (115 °C a 95 °C) y 3 pasadas con rodillo tándem estático como compactación final (95 °C a 70 °C). Se efectuarán 10 controles de densidad, el valor promedio debe llegar mínimo al 98% de la densidad obtenida por ensayo Marshall, y cada densidad debe ser mayor o igual al 97% de la densidad media.

## 3.2.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 3.2.1.- OBRAS PRELIMINARES:

TOPOGRAFÍA Y REPLANTEO: realizados antes del inicio de las obras, para replantear el diseño y niveles actuales de la vía. Luego se procede al replanteo general de la obra, con las variaciones a realizar, ubicando los puntos necesarios para realizar la ejecución de la obra. Serán lo suficiente necesarios y precisos para la finalidad indicada. Durante la construcción se llevará un control topográfico permanente, de manera que las indicaciones de los planos sean llevados fielmente al terreno y la obra cumpla una vez concluida con los requerimientos y especificaciones.

Equipo a utilizar: Se utilizarán equipos topográficos como:

Nivel de ingeniero

Teodolitos ópticos mecánicos

Miras, jalones, etc.

Consideraciones Generales: se deberá coordinar con el Supervisor sobre la ubicación de los puntos de control geográfico, sistema de campo a emplear, monumentación, referencias, tipo de marcas en las estacas, colores y el resguardo a implementar. Los trabajos serán concordantes con las tolerancias que se dan en la Tabla N° 102-1, Sección 102, del EG-2000 [8].

Medición: La topografía y replanteo se medirán en forma global.

Pago: Se pagará al precio de contrato de la partida "Topografía y Replanteo", y constituirá compensación total por dichos trabajos, será de la siguiente forma:

(a) 20% del monto global al concluir el replanteo y definición de referencias.

(b) El 80% del monto global en forma prorrateada en los meses que dura la ejecución del proyecto

**DESBROCE Y LIMPIEZA R= 0.9 Ha/día:** Se considerará las especificaciones indicadas en el capítulo 2 “Movimiento de tierras”, sección 201 “Desbroce y limpieza”, de la norma EG-2000 [8].

### **3.2.2.- MOVIMIENTO DE TIERRAS:**

**ESCARIFICADO Y CONFORMACIÓN DE LA SUB-RASANTE:** Se considerará como referencia las especificaciones indicadas en el capítulo 2 “Movimiento de tierras”, sección 210 “Terraplenes”, de la norma EG-2000 [8]. Se efectuará en el área que soporta directa a la estructura del pavimento, tras los trabajos de limpieza de subrasante.

Método de construcción: primero se aprobará por supervisión los trabajos de trazo, replanteo, limpieza. La escarificación se realizará en un espesor de 30 cm con motoniveladora de 125 HP y la compactación se realizará en capas de 15 cm con rodillo liso vibratorio autopropulsado de 70 a 100hp.

Sistema de control: Se darán por terminado y aceptados los trabajos cuando el alineamiento, el perfil, la sección y la compactación de la sub-rasante estén de acuerdo con los planos y las especificaciones técnicas del expediente del proyecto.

La compactación se verificará con un mínimo de seis (6) determinaciones de densidad por capa. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar. Las densidades individuales deben ser mínimo el noventa y cinco por ciento (95%) de la MDS y una humedad de trabajo que no debe variar en  $\pm 2\%$  respecto del OCH, obtenidos en el ensayo Proctor Modificado.

Cada capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a la rasante y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la subrasante no será menor que la distancia señalada en los planos o modificada por el Supervisor. La cota de cualquier punto de la subrasante, conformada y compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la cota proyectada. No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

**Medición:** Se medirá en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de superficie escarificada y compactada de acuerdo a los alineamientos, rasantes y secciones transversales indicadas en los planos, medidas en su metrado final.

**Pago:** El pago se efectuará al precio unitario contratado por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) y es la compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas materiales e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

**RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO:** Se considerará las especificaciones indicadas en el capítulo 2 “Movimiento de tierras”, sección 210 “Terraplenes”, de la norma EG-2000 [8]. Se utilizará como fuente de material a la Cantera: **RUMICHACA I (km. 136+200)** (ver características en anexo 11).

### **3.2.3.- TRANSPORTE:**

**TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM:** Se pagará el volumen por la distancia (D) de transporte (m<sup>3</sup> x Km.), cuando  $D \leq 1$  Km.

**TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR DESPUÉS DE 1 KM:** Se pagará el volumen por la distancia (D) de transporte (m<sup>3</sup> x Km.), cuando  $D > 1$  Km.

### **3.2.4.- PAVIMENTOS:**

**SUBBASE GRANULAR E=0.075 M:** es el suministro, colocación y compactación de material de subbase granular, se considerará las especificaciones indicadas en el capítulo 3 “Subbases y bases”, sección 303 “Subbase granular”, de la norma EG-2000 [8].

**Método de construcción:** La colocación del material de subbase se compactará utilizando un para un rodillo liso vibratorio autopropulsado de 70 - 100 hp y de 7 - 9 ton. El material será colocado y extendido en una capa uniforme y sin segregación. Se efectuará el extendido con motoniveladora de 125 HP.

**Control:** El material de subbase deberá ser compactado hasta por lo menos el 100% de la MDS obtenida por el método de prueba Proctor Modificado AASHTO T-180. El contenido de humedad verificado en campo no deberá escapar del rango de +/- 2% del OCH. Se deberá regar el material con agua durante el apisonado y nivelado; durante la operación al término de la compactación, el

Supervisor deberá efectuar ensayos de densidad. Se efectuarán 10 controles de densidad.

**Materiales:** La cantera propuesta para su utilización de fuente para agregados de subbase es la cantera: **RUMICHACA I (km. 136+200)**. Su granulometría será tipo "A", por ser la **zona de altitud superior a 3000 msnm**. Las consideraciones de calidad para los agregados serán en base a dicha altitud (mayor a 3000 msnm.).

**Medición:** será por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) compactados: ancho de subbase por espesor y por longitud, según planos y secciones transversales típicas aceptadas por supervisión.

**Pago:** según aprobación del Supervisor y medida según se ha establecido, será pagada en la partida correspondiente y al precio unitario del contrato por metro cúbico compactado.

**IMPRIMACIÓN EN CALZADA:** se considerará las especificaciones indicadas en el capítulo 4 "Pavimento asfáltico", sección 401 "Imprimación asfáltica", de la norma EG-2000 [8].

**Material:** es una emulsión catiónica de rotura rápida del tipo CRS-2 diluido en agua (según recomendación de la norma EG-2000 (MTC), capítulo 4, sección 401-2, (a) [8])

**Medición:** El trabajo ejecutado se medirá en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de superficie imprimada, para ello se considerará el ancho y longitud aprobados por la supervisión, realmente imprimados.

**Pago:** se efectuará al precio unitario del presupuesto por metros cuadrados (m<sup>2</sup>) y constituye la compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

**MEZCLA ASFÁLTICA PARA D > 1 KM:** El transporte se efectuará desde la planta de asfalto, aprobada por el Supervisor, hasta la zona de trabajo, tomando en cuenta el volumen de la carpeta asfáltica colocada (posición final) y la



distancia de transporte. La distancia de transporte proveniente de la planta de asfalto es:

DDT = Distancia total de transporte, incluye acceso

Para  $d < 1$  Km. → Distancia = 1 Km.

Para  $d > 1$  Km. → Distancia = DDT - 1

**CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE E=3"**: Este trabajo consistirá en una capa de mezcla asfáltica construida sobre la superficie de la subbase debidamente imprimada y preparada. Se considerará las especificaciones indicadas en el capítulo 4 "Pavimento asfáltico", sección 410 "Pavimento de Concreto Asfáltico Caliente", de la norma EG-2000 [8].

**Método de construcción:** Se ejecutará simultáneamente en los dos carriles indicados, con dos pavimentadoras, a fin de lograr una junta monolítica y cerrada.

En pista se tendrá una cuadrilla especializada en asfaltado: un capataz de asfalto, el operador de la pavimentadora, un operario que manejará la plancha de la pavimentadora, los operadores de los rodillos y de los camiones volquete, 3 oficiales que cumplirán las labores de rastrilleros para separar los agregados de la mezcla con tamaños mayores y para compactar la junta longitudinal del asfalto. Asimismo se tendrá una cuadrilla de limpieza general de los residuos del asfalto formado por 6 personas. En estas labores la participación del capataz será importante para tener un buen acabado en el asfalto.

Los equipos que intervendrán en la colocación de mezcla asfáltica son los siguientes:

- Rodillo Neumático 5.5-20 ton, 81-100 hp
- Rodillo Tándem estático autopropulsado 8-10 ton, 58-70 hp
- Pavimentadora s/ orugas 69 hp
- Camiones volquete 15 m<sup>3</sup>

Si se comprueba durante la construcción que la pavimentadora deja en el pavimento fisuras, zonas dentadas, zonas "carachosas" u otras irregularidades objetables, que no puedan ser corregidas satisfactoriamente por las operaciones programadas, el uso de dicho equipo será suspendido debiendo el Contratista sustituirlo por otro adecuado. Todas las mezclas que hayan resultado con roturas, sueltas, mezcladas con suciedad o defectuosas en otro modo, serán retiradas y sustituidas con mezcla caliente fresca que será compactada de inmediato para quedar en iguales condiciones que la superficie circundante. Todos los puntos o juntas elevadas, depresiones o abolladuras serán corregidos. Toda superficie de 1 pie cuadrado o más que acuse un exceso o diferencia de material bituminoso será retirada y reemplazada por material nuevo.

**Compactación:** Para evitar la adhesión de la mezcla a las ruedas del rodillo, éstas serán mantenidas húmedas, pero no se permitirá un exceso de agua. No deberá permitirse el uso de solventes de ningún tipo para recubrir las rolas o neumáticos de los rodillos. A lo largo de rebordes y muros u otros sitios inaccesibles para el rodillo, la mezcla será compactada con pisones o apisonadores mecánicos que tengan una compresión equivalente. Cada pisón de mano pesará no menos de 25 libras (11.35 kg) y una superficie de apisonado no mayor de 50 pulgadas cuadradas.

**Materiales:** Las consideraciones de calidad para los agregados serán en base a la altitud de la zona (mayor a 3000 msnm.). La cantera elegida para ser la fuente de agregados es: Cantera: **RUMICHACA I (km. 136+200)**, para la gradación de tipo MAC – 1 [8]. Su valor de índice de plasticidad varía entre 7.7 y NP [20], no cumple con el requerimiento, por tanto durante la extracción del material de la cantera se deben efectuar trabajos de lavados de finos para reducir su índice de plasticidad.

El Cemento Asfáltico será de tipo 85-100 (clasificado por penetración) ~ AC – 5 (clasificado por viscosidad) (considerando las temperatura media anual d del tramo de estudio:  $9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  [18]).

**Medición:** La unidad de medida será el metro cúbico (m<sup>3</sup>), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla suministrada y compactada en obra a satisfacción del Supervisor, según especificación respectiva. El volumen es la multiplicación

de la longitud real del eje del trabajo, por el ancho y espesor de planos u ordenados por el Supervisor.

Pago: se efectuará al precio unitario del presupuesto por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y constituye la compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para la ejecución del trabajo.

### 3.3.- PLANILLA DE METRADOS

Presupuesto: Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo del Km. 164+100 al Km. 164+400

Subpresupuesto: Diseño de pavimentos

Cliente: Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar: Dv. Yauyos – Alis – Roncha

Cuadro N° 3.01: Planilla de metrados

#### 1.00 - OBRAS PRELIMINARES

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado
1.1	TOPOGRAFÍA Y REPLANTEO	GLB	1
1.2	DESBROCE Y LIMPIEZA R= 0.9 Ha/día	ha	0.2

#### 2.00 - MOVIMIENTO DE TIERRAS

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado
2.1	ESCARIFICADO Y CONFORMACIÓN DE LA SUB-RASANTE	m <sup>2</sup>	2400
2.2	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO (ancho menor a 1.50 m)	m <sup>3</sup>	32
2.3	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO (ancho mayor a 1.50 m)	m <sup>3</sup>	55

#### 3.00 - TRANSPORTE

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado
3.1	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM	m <sup>3</sup> k	267
3.2	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR DESPUÉS DE 1 KM	m <sup>3</sup> k	7223

#### 4.00 - PAVIMENTOS

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado
4.1	SUBBASE GRANULAR E=0.075 M	m <sup>3</sup>	180
4.2	IMPRIMACIÓN EN CALZADA	m <sup>2</sup>	2100
4.3	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE (e=0.075 m.)		
4.3.1	TRANSPORTE MEZCLA ASFÁLTICA D<1KM	m <sup>3</sup> k	157.5
4.3.2	TRANSPORTE MEZCLA ASFÁLTICA D>1KM	m <sup>3</sup> k	3976.9
4.3.3	CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE E=3"	m <sup>3</sup>	157.5

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.- ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Presupuesto: Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo del Km. 164+100 al Km. 164+400

Subpresupuesto: Diseño de pavimentos

Cliente: Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar: Dv. Yauyos – Alis – Roncha

Cuadro N° 3.02: Análisis de precios unitarios para las partidas de presupuesto

Partida	01.03	TOPOGRAFIA Y REPLANTEO					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 8.0000	EQ. 8.0000	Costo unitario directo por :		glb	1,206.80
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147000032	TOPOGRAFO	hh	32.0000	32.0000	12.99	415.68	
0147010004	PEON	hh	32.0000	32.0000	10.47	335.04	
						<b>750.72</b>	
	<b>Materiales</b>						
0229200010	THINNER CORRIENTE	gal		0.5000	14.48	7.24	
0254010001	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		2.0000	28.76	57.52	
						<b>64.76</b>	
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	750.72	22.52	
0337010071	JALONES	u		2.0000	2.00	4.00	
0337020046	MIRA TOPOGRAFICA	he	32.0000	32.0000	4.80	153.60	
0349880003	TEODOLITO	hm	32.0000	32.0000	6.60	211.20	
						<b>391.32</b>	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	02.01	DESBROCE Y LIMPIEZA R= 0.9 Ha/día					
Rendimiento	ha/DIA	MO. 0.9000	EQ. 0.9000	Costo unitario directo por :		ha	2,434.72
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	4.0000	35.5556	10.47	372.27	
0147010021	CAPATAZ "B"	hh	0.5000	4.4444	15.59	69.29	
						<b>441.56</b>	
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	441.56	13.25	
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	8.8889	222.74	1,979.91	
						<b>1,993.16</b>	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	02.02	ESCARIFICADO Y COMPACTACION DE LA SUBRASANTE					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2.860.0000	EQ. 2.860.0000	Costo unitario directo por m2			1.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010004	PEON	hh	4.0000	0.0112	10.47	0.12	
0147010021	CAPATAZ "B"	hh	1.0000	0.0028	15.59	0.04	
						<b>0.16</b>	
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.16		
0349030013	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100 HP 7-9 ton	hm	1.0000	0.0028	72.64	0.20	
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0028	118.84	0.33	
						<b>0.53</b>	
<b>Subpartidas</b>							
909701044001	AGUA PARA LA OBRA	m3		0.0300	15.67	0.47	
						<b>0.47</b>	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	02.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO (ancho menor a 1.50m)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por m3			37.74
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.8000	10.47	8.38	
0147010021	CAPATAZ "B"	hh	0.1000	0.0400	15.59	0.62	
						<b>9.00</b>	
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	9.00	0.27	
0349030003	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	1.0000	0.4000	22.73	9.09	
						<b>9.36</b>	
<b>Subpartidas</b>							
909701031222	MATERIAL DE RELLENO PARA OBRA	m3		1.3000	14.91	19.38	
						<b>19.38</b>	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	02.04	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO (ancho mayor a 1.50m)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 82.5000	EQ. 82.5000	Costo unitario directo por m3			56.21
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0970	12.99	1.26	
0147010004	PEON	hh	4.0000	0.3879	10.47	4.06	
0147010021	CAPATAZ "B"	hh	0.5000	0.0485	15.59	0.76	
						<b>6.08</b>	
<b>Equipos</b>							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.08	0.18	
0348040003	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2.000 gl	hm	1.0000	0.0970	107.43	10.42	
0349030013	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100 HP 7-9 ton	hm	1.0000	0.0970	72.64	7.05	
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0970	118.84	11.53	
						<b>29.18</b>	
<b>Subpartidas</b>							
909701031222	MATERIAL DE RELLENO PARA OBRA	m3		1.3000	14.91	19.38	
909701044001	AGUA PARA LA OBRA	m3		0.1000	15.67	1.57	
						<b>20.95</b>	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	03.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1Km					
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 511.2000	EQ. 511.2000	Costo unitario directo por m3k		3.28	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010003	OFICIAL	hh	0.5000	0.0078	11.58	0.09	
	<b>Equipos</b>						
0348040027	CAMION VOLQUETE 6 X 4 330 HP 10 m3	hm	1.0000	0.0156	204.43	3.19	
						<b>3.19</b>	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	03.02	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D>1Km					
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 1.234.3000	EQ. 1.234.3000	Costo unitario directo por m3k		1.33	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Equipos</b>						
0348040027	CAMION VOLQUETE 6 X 4 330 HP 10 m3	hm	1.0000	0.0065	204.43	1.33	
						<b>1.33</b>	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	04.01.01	SUB BASE GRANULAR e=0.075m.					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 384.0000	EQ. 384.0000	Costo unitario directo por m3		25.11	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.1250	10.47	1.31	
0147010021	CAPATAZ "B"	hh	1.0000	0.0208	15.59	0.32	
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0208	11.58	0.24	
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.87	0.05	
0349030013	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO T0.100 HP 7-9 ton	hm	1.0000	0.0208	72.64	1.51	
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0208	118.84	2.47	
	<b>Subpartidas</b>						
909701030408	MATERIAL CLASIFICADO PARA SUB BASE	m3		1.2000	14.69	17.63	
909701044001	AGUA PARA LA OBRA	m3		0.1000	15.67	1.57	
						<b>19.20</b>	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	04.02.01	IMPRIMACION ASFALTICA EN CALZADA					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 4.000.0000	EQ. 4.000.0000	Costo unitario directo por m2		3.91	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0120	10.47	0.13	
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0020	11.58	0.02	
0147010031	CAPATAZ "A"	hh	1.0000	0.0020	16.89	0.03	
	<b>Materiales</b>						
0213000006	ASFALTO RC-250	gal		0.2550	10.75	2.74	
0253000000	KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.0450	11.28	0.51	
	<b>Equipos</b>						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.18	0.01	
0349050003	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 p LONGITUD	hm	1.0000	0.0020	40.14	0.08	
0349080092	TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	1.0000	0.0020	56.93	0.11	
0349130004	CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0020	140.03	0.28	
						<b>0.48</b>	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	03.03		TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA HASTA 1Km					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 185.9200	EQ. 185.9200	Costo unitario directo por : m3k			8.89	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0147010003	OFICIAL		hh	0.2000	0.0086	11.58	0.10	
							0.10	
	Equipos							
0348040027	CAMION VOLQUETE 6 X 4 330 HP 10 m3		hm	1.0000	0.0430	204.43	8.79	
							8.79	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	03.04		TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA D>1Km					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1.333.3300	EQ. 1.333.3300	Costo unitario directo por : m3k			1.23	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Equipos							
0348040027	CAMION VOLQUETE 6 X 4 330 HP 10 m3		hm	1.0000	0.0060	204.43	1.23	
							1.23	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]

Partida	04.03.01		CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e=3"					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 218.3300	EQ. 218.3300	Costo unitario directo por : m3			284.24	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0147010003	OFICIAL		hh	3.0000	0.1099	11.58	1.27	
0147010004	PEON		hh	6.0000	0.2199	10.47	2.30	
0147010031	CAPATAZ "A"		hh	1.0000	0.0356	16.39	0.62	
							4.19	
	Materiales							
0213000010	ASFALTO EN CALIENTE EN PLANTA		m3		1.0500	258.98	271.93	
							271.93	
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	4.19	0.13	
0349030025	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100HP 5.5-20 ton		hm	1.0000	0.0356	67.04	2.45	
0349030043	RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70HP 8-10 ton		hm	1.0000	0.0365	49.74	1.82	
0349050008	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'		hm	1.0000	0.0356	101.74	3.72	
							8.12	

Fuente: Herrera López, Cesar [14]



### 3.5.- VALOR REFERENCIAL DETALLADO POR PARTIDAS

Presupuesto: Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo del Km. 164+100 al Km. 164+400

Subpresupuesto: Diseño de pavimentos

Cliente: Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar: Dv. Yauyos – Alis – Roncha

Cuadro N° 3.03: Presupuesto para la construcción del pavimento

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>1,693.74</b>
1.01	TOPOGRAFIA Y REPLANTEO	glb	1.00	1,206.80	1,206.80
1.02	DESBROCE Y LIMPIEZA R= 0.9 Ha/día	ha	0.20	2,434.72	486.94
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>7,083.23</b>
2.01	ESCARIFICADO Y CONFORMACIÓN DE LA SUB-RASANTE	m2	2,400.00	1.16	2,784.00
2.02	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO (ancho menor a 1.50 m)	m3	32.00	39.31	1,257.92
2.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO (ancho mayor a 1.50 m)	m3	55.00	56.21	3,091.55
<b>3</b>	<b>TRANSPORTE</b>				<b>10,482.35</b>
3.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM	m3k	267.00	3.28	875.76
3.02	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR DESPUES DE 1 KM	m3k	7,223.00	1.33	9,606.59
<b>4</b>	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>63,790.33</b>
4.01	SUBBASE GRANULAR E=0.075 M	m3	180.00	25.11	4,519.80
4.02	IMPRIMACION EN CALZADA	m2	2,100.00	3.91	8,211.00
4.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE (e=0.075m.)				51,059.53
04.03.01	TRANSPORTE MEZCLA ASFALTICA D<1KM	m3k	157.50	8.89	1,400.18
04.03.02	TRANSPORTE MEZCLA ASFALTICA D>1KM	m3k	3,976.88	1.23	4,891.56
04.03.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=3"	m3	157.50	284.24	44,767.80
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>83,049.66</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.- RELACIÓN DE EQUIPO MÍNIMO

Presupuesto: Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo del Km. 164+100 al Km. 164+400

Subpresupuesto: Diseño de pavimentos

Cliente: Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar: Dv. Yauyos – Alis – Roncha

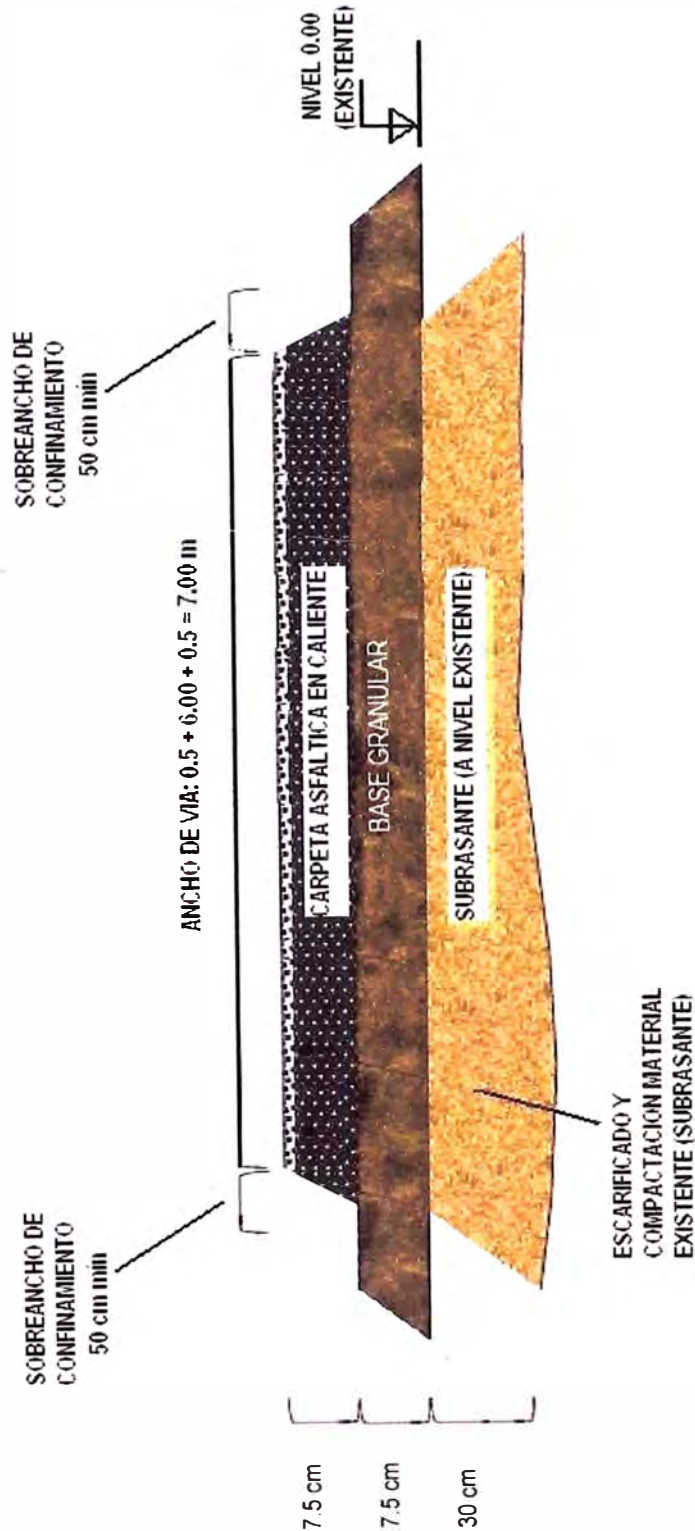
Cuadro Nº 3.04: Equipo mínimo para la construcción del pavimento

Recurso	Unidad	Precio S/.	Cantidad	Parcial S/.
BARREDORA MECÁNICA 10-20 HP 7 p LONGITUD	hm	40.14	4.20	168.59
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 2,000 GAL	hm	107.43	5.34	573.14
CAMIÓN IMPRIMIDOR 6x2 178-210 HP 1,800 G	hm	140.03	4.20	588.13
CAMIÓN VOLQUETE 6 X 4 330 HP 10 m3	hm	204.43	81.75	16711.84
COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	22.73	12.80	290.94
JALONES	und	2.00	2.00	4.00
MIRA TOPOGRÁFICA	he	4.80	32.00	153.60
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	118.64	15.80	1874.39
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'	hm	101.74	5.76	586.48
RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	72.64	15.80	1147.64
RODILLO NEUMÁTICO AUTOP 81-100HP 5.5-20 TON	hm	67.04	5.76	386.45
RODILLO TÁNDEM ESTÁTICO AUTOPROPULSADO 58-70HP 8-10 ton	hm	49.74	5.76	286.73
TEODOLITO	hm	6.60	32.00	211.20
TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	222.74	1.78	395.98
TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	56.93	4.20	239.11
				S/ 23,618.21

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.- PLANOS DE OBRAS

Figura N° 3.01: Sección transversal típica de pavimento: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)



Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- Para el diseño del pavimento en el tramo de estudio se aplicaron 2 métodos de diseño con tres alternativas de materiales para la estructuración:

Cuadro N° C.01: Resumen de estructuraciones de pavimento flexible propuestas para el tramo de estudio, por metodología y materiales considerados

CAPA	(a)		(b)		(c)	
	AASHTO 1993	INST. ASFALTO 1993	AASHTO 1993	INST. ASFALTO 1993	AASHTO 1993	INST. ASFALTO 1993
Superficie de rodadura	4" (mezcla asfáltica)	4" (mezcla asfáltica)	3 (mezcla asfáltica)	3 (mezcla asfáltica)	2 (TSB)	2 (TSB)
Base				4 (base granular)	5 (estabilizado con emulsión asfáltica)	4 (estabilizado con emulsión asfáltica)
Subbase granular			3 (mínimo)			

Fuente: *Elaboración propia*

- Para cada combinación de material, se ha elegido la combinación con espesores menores, y con una estimación de precios unitarios aproximados y procesos constructivos considerados para cada combinación de material se indican sus costos unitarios aproximados por m<sup>2</sup> de estructura de pavimento, sin considerar las partidas comunes dentro de la ejecución del proyecto:

Cuadro N° C.02: Estructuraciones de pavimento flexible propuestas para el tramo de estudio, según las combinaciones de materiales considerados

	(a)	(b)	(c)
CAPA	AASHTO / INST. ASFALTO 1993	AASHTO 1993	INST. ASFALTO 1993
Superficie de rodadura	4" (mezcla asfáltica)	3 (mezcla asfáltica)	2 (TSB)
Base			4 (estabilizado con emulsión asfáltica)
Subbase granular		3 (mínimo)	
COSTO (S/. / m <sup>2</sup> ) aproximado	S/. 34.03	S/. 31.07	S/. 38.45

Fuente: Elaboración propia

- Dentro de cada alternativa de material para la estructuración del pavimento, el espesor de las capas de pavimento resultan similares entre ambos métodos (AASHTO 1993 e Instituto del Asfalto 1993) para condiciones similares. A nivel de costo, se han agrupado las partidas que diferencian a cada proceso constructivo, según cada alternativa de material analizada para la estructuración del pavimento. El espesor final propuesto **utiliza la alternativa de material con menor costo neto de construcción de pavimento:**

Cuadro N° C.03: Estructuración de pavimento flexible propuesta para el tramo de estudio

CAPA	(b)
Superficie de rodadura	AASHTO 1993
Base	3 (mezcla asfáltica)
Subbase granular	3 (mínimo)

Fuente: Elaboración propia

- El diseño de un pavimento por diferentes métodos y alternativas constructivas para las capas componentes de la estructura de pavimento, bajo iguales condiciones, genera diferentes geometrías estructurales

(espesores). Los diseños resultantes de las alternativas pueden compararse y el diseño óptimo puede seleccionarse sobre la consideración de los costos de aplicación de las alternativas y/o otras consideraciones que puedan hacerse, según condiciones locales o de la entidad a cargo del diseño.

La confiabilidad del resultado depende del rigor de aplicación del procedimiento, de la estimación de la dispersión de los parámetros de diseño y de la investigación de la aplicación de dicho diseño (tramos de prueba).

## RECOMENDACIONES

El método que se recomienda para el diseño general de pavimentos flexibles es el método AASHTO 93, ya que considera mayor número de parámetros que intervienen en su diseño, se ajusta mejor a las condiciones y requerimientos de la vía a diseñar. Sin embargo, sus resultados deben verificarse con respecto a las metodologías constructivas aplicadas en la actualidad.

Además, los parámetros de los materiales que se usan en la construcción del pavimento, así como las condiciones del proceso constructivo, deben estar bajo una supervisión de calidad, ya que una variación de los parámetros de los materiales y procesos constructivos alteraría el resultado de los espesores para la estructura del pavimento propuesta, elevando los costos de la alternativa planteada y haciéndola inviable.

## BIBLIOGRAFIA

1. ASOCIACIÓN AYESA-ALPHA CONSULT S.A.; Estudios de Impacto Ambiental Red Vial N° 6, Carretera Lunahuaná-Huancayo; PROMCEPRI; Lima, Perú, 1998. [20]
2. CÉSPEDES ABANTO, JOSÉ; Los pavimentos en las vías terrestres: Calles, Carreteras y Autopistas; Editorial Universitaria: Universidad Nacional de Cajamarca; Cajamarca, Perú, 2002. [11]
3. CONTRERAS PÁRRAGA, LUIS ANTONIO; Informe de suficiencia: Mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos del Km. 57+000 al Km. 57+300: Diseño de pavimentos mezcla asfáltica en caliente; Universidad Nacional de Ingeniería; Lima, Perú, 2008. [9]
4. DANTE PÉREZ BRAVO; Emulsiones asfálticas y su aplicación en altura; Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco; Cuzco, Perú, 2002. [13]
5. DEL ÁGUILA, PABLO; AASHTO93: Diseño de pavimentos flexibles por el método AASHTO 1993, Hoja de cálculo Excel de aplicación directa; Universidad Ricardo Palma; Lima, Perú, 2004.  
<http://www.camineros.com/software.htm>. [12]
6. DEPARTAMENTO DE ESCUELA PROFESIONAL; Términos de referencia: Curso de titulación 2009-I; Universidad Nacional de Ingeniería-FIC; Lima, Perú, 2009. [19]
7. DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES; Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Lima, Perú, 1998. [2]
8. DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES; Manual de ensayos de carreteras EG-2000; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Lima, Perú, 2000. [8]
9. DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES; Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2001; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Lima, Perú, 2001. [22]
10. GRUPO 3, CURSO DE TITULACIÓN 2009-I; Estudio de Preinversión a nivel de Perfil de la carretera Ruta 22, tramo: Cañete-Yauyos-Huancayo; Universidad Nacional de Ingeniería-FIC; Lima, Perú, 2009. [16]



11. HERRERA LÓPEZ, CESAR; Informe de suficiencia: Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo del Km.164+100 al 164+400 - Análisis Socioeconómico, costos y presupuestos; Universidad Nacional de Ingeniería – FIC; Lima, Perú, 2009. [14]
12. INGENMET; Mapa geológico del cuadrángulo de Yauyos; Ministerio de Energía y Minas; Lima, Perú, 1996. [6]
13. MELCHOR ARECHE, JOSÉ; Notas de clase Pavimentos, Curso de Titulación 2009-I; Universidad Nacional de Ingeniería; Lima, Perú, 2009. [24]
14. M.Sc. MINAYA GONZÁLEZ, SILENE; M.Sc. ING. ORDÓÑEZ HUAMÁN, ABEL; Diseño moderno de pavimentos asfálticos; Universidad Nacional de Ingeniería; Lima, Perú, 2006. [5]
15. MONTEJO FONSECA, ALFONSO; Ingeniería de Pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño; Universidad Nacional de Colombia; Bogotá, Colombia, 2006. [10]
16. NOVOA REINA, HUGO TEOBALDO; HERNÁNDEZ ROJAS, DAVID JONATHAN; Proyecto Profesional: Estudio de la rehabilitación de la carretera Bambamarca – Atoshaico tramo II; Universidad Nacional de Cajamarca; Cajamarca, Perú, 2002. [1]
17. OLIVERA BUSTAMANTE, FERNANDO; Estructuración de vías terrestres; Compañía Editorial Continental; México DF., México, 1996. [15]
18. ORTEGA MALDONADO, ANTONIO; Definiciones generales de pavimentos; <http://www.construaprende.com/t/07/T7pag01.php> [3]
19. PALACIOS LEÓN, FLORIANO; Estudios de Preinversión a nivel de perfil para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera ruta 22, tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Lima, Perú, 2003. [18]
20. PROVIAS NACIONAL; Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Lima, Perú, 2005. [7]
21. PROVIAS NACIONAL; Actualización del valor referencial del expediente técnico del estudio definitivo para el mantenimiento periódico de la carretera Panamericana Sur: Puente Montalvo – Puente Camiara; Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Lima, Perú, 2006. [15]

22. RICO RODRÍGUEZ, ALFONSO; TÉLLEZ GUTIÉRREZ, RODOLFO; GARNICA ANGUAS, PAUL; Pavimentos Flexibles Problemática metodologías de Diseño y tendencias; Instituto Mexicano de Transporte; México DF., México, 1998. [4]
23. VÁSQUEZ VARELA, LUIS RICARDO; Ecuaciones AASHTO 1993: EqAASHTO93 Versión 2.0; Universidad Nacional de Colombia; Manizales, Colombia, 2004. <http://www.camineros.com/software.htm>. [21]
24. VILLALBA SÁNCHEZ, NÉSTOR ALBERTO; Informe de Suficiencia: Metodología de análisis y métodos de diseño de pavimentos flexibles; Universidad Nacional de Ingeniería-FIC; Lima, Perú, 2009. [17]

# ANEXOS

### **Anexo 1: Método Semi-Empírico (AASHTO 93):**

Según Alfonso Montejo Fonseca [10] y José Céspedes Abanto [11], este método para el diseño de pavimentos flexibles de concreto asfáltico está determinado en la publicación: "Guide for Design of Pavement Structures 1993" de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Por lo general, todo pavimento flexible está conformado por: una capa de subrasante preparada y compactada a una densidad específica, una capa de sub base que puede ser omitida dependiendo de la calidad de la subrasante, una capa de base que se coloca sobre la sub base, o sobre la subrasante. Sobre la base se conforma la carpeta asfáltica que consiste de una mezcla de material bituminoso y agregados. El método AASHTO es un método de regresión basado en resultados empíricos de la carretera de prueba AASHTO construida en los años 50. AASHTO publicó la guía para el diseño de estructuras de pavimento en 1972, cuyas revisiones fueron publicadas en 1981, 1986 y 1993. El principio de diseño se basa en la predicción de los cambios físicos del comportamiento del pavimento en tres aspectos fundamentales: los estructurales, los funcionales y los de seguridad. En lo estructural toma en cuenta la condición del pavimento en lo referente a fallas, agrietamientos, etc.; que pueden afectar exclusivamente la capacidad de soporte de la estructura del pavimento. En lo funcional se refiere a cuán bien sirve el pavimento al usuario (confort y calidad), este factor de serviciabilidad de la carretera se toma a través de la medición del índice de serviciabilidad de la carretera al comienzo y al final de su periodo de diseño. En seguridad toma en cuenta la resistencia a la fricción entre el neumático y el pavimento. El diseño dota al pavimento de un Número Estructural (SN), que representa el efecto combinado de las capas componentes (espesor del pavimento) con sus respectivos coeficientes estructurales y de drenaje. Las variables que se considera respecto a los aspectos antes mencionados y que están en la ecuación del cálculo del número estructural son: el tránsito que transcurre por la vía, durante un determinado número de años, la resistencia del suelo que soportara el pavimento, y los niveles de serviciabilidad al inicio y al final del periodo de diseño de la vía; adicionalmente se considera ciertos parámetros estadísticos que son factores de seguridad que garantizan que la solución obtenida del número estructural cumple un determinado nivel de confianza.

## **Anexo 2: Características geológicas, geodinámicas y caracterización de suelos para el tramo de estudio:**

Como resultado de los estudios efectuados por PROVIAS NACIONAL [7], las características son:

*Geología:* De acuerdo al Mapa Geológico del Cuadrángulo de Yauyos (Plano 01), se identifican las siguientes formaciones en el tramo de estudio, basadas en el estudio medio ambiental efectuado por PROVIAS-MTC en julio 2005 [7]:

Formación Jumasha (Ks-j): Se presenta a 1 km aguas arriba de San Juan, en el Cañón de Ushco, Tomas, Pumacancha, entre otros. Son calizas en capas delgadas a medianas, de más de 300 m de potencia total, alternando con calizas nodulares ocasionalmente brechosos y capas margosas mayormente son de color negro, poco meteorizada, moderadamente resistente a resistente ante el golpe del martillo, con pendiente favorable al corte pero con taludes de gran altura, estratificada, fracturada. Con dirección N 70°E y 70°NW de buzamiento. Su RMR (Rock Mass Rating) la considera de buena calidad.

Formaciones Chulec - Pariahuanca - Pariatambo (Ki-chp): Se observan en las cercanías de Alis, a 1 Km aguas arriba de Chacacancha, Chaucha, C. Picapica, entre otros. Compuestas de calizas en capas delgadas y con horizontes de caliza nodular, intercaladas con margas, lutitas y chert, se encuentra (y de allí su aparición casi periódica) totalmente plegada. Son rocas de color gris poco meteorizadas, resistentes a muy resistente, con pendiente favorable al corte, estratificada, fracturada. Los estratos tienen dirección N 55°E y buzamiento 60°NW. Su RMR (Rock Mass Rating) la clasifica como una roca de buena calidad.

*Geodinámica:* Basado en el estudio medio ambiental efectuado por PROVIAS-MTC en julio de 2005 [7] y la observación del tramo de estudio efectuada en la visita de campo (con fecha del 11 de abril de 2009), está indicado lo siguiente:

Geodinámica interna: Influencia de la sismicidad en centros poblados y obras de ingeniería del área de estudio, con problemas de desprendimiento de rocas que comprometan sembríos y vías de comunicación, reactivación de deslizamientos, etc.

Geodinámica externa: principalmente se reconocen derrumbes y/o desprendimiento de roca, son caídas violentas de fragmentos rocosos de diversos tamaños, en forma libre, saltos, rebotes y rodamientos por pérdida de cohesión, en pendientes empinadas, de afloramientos rocosos muy fracturados y/o meteorizados, así como en taludes de suelos que contengan fragmentos rocosos en bloques sueltos sobre laderas, en el tramo se identificaron tres puntos potenciales: km. 164+150, km. 164+340 y km. 164+400.

*Suelos (caracterización):* Basado en el estudio medio ambiental efectuado por PROVIAS-MTC de julio de 2005 [7] está caracterizado por ser mayoritariamente tierras de protección (X, uso no económico, para protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros para beneficio o de interés social) debido a deficiencias de orden topográfico y edáfico (uso del suelo referido a las plantas), sobre pendientes muy pronunciadas, suelos extremadamente superficiales y erosionables y con afloramientos líticos. Esto es concordante con la zona, perteneciente a la Reserva Nor-Yauyos Cochas, la cual engloba al tramo de estudio.

**Anexo 3: Estudio de suelos para el tramo de estudio:**

En el tramo de estudio y en otros tramos cercanos se ejecutaron una serie de calicatas y muestreos de suelo existente, para la ejecución de ensayos de clasificación de suelos, cuyos resultados fueron:

Cuadro N° A.01: Cuadro resumen de clasificación de muestras de suelo

Tramo	Km. 164+605	Km. 164+140	Km. 163+950	Km. 163+500
Profundidad	0.0m -0.35m			
Tipo de suelo (AASHTO)	A-2-4 (0)			
Profundidad	0.35m-1.20m	1.10m	1.00m	1.20m
Tipo de suelo (AASHTO)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0) / A-2-6(0)	A-1a(0)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuadro siguiente, se pueden correlacionar los valores del tipo de suelo con un valor de CBR:

Cuadro N° A.02: Correlación aproximada de clasificación ASSHTO con CBR (%)

Clasificación AASHTO	CBR (%)	Clasificación
A5, A6, A7	0 - 3	Muy pobre
A4, A5, A6, A7	3 - 7	Pobre a regular
A2, A4, A6, A7	7 - 20	Regular
A-1b, A-2-5, A3, A-2-6	20 - 50	Bueno
A-1a, A-2-4, A3	Mayor a 50	Excelente

Fuente: Olivera Bustamante, Fernando; "Estructuración de vías terrestres" [23]

Se ha proyectado el valor de CBR para los resultados de la clasificación de suelos del cuadro A.01:

Cuadro N° A.03: Valor de CBR (%) aproximado

Tramo	Km. 164+605	Km. 164+140	Km. 163+950	Km. 163+500
Profundidad	0.0m -0.35m			
Tipo de suelo (AASHTO)	Mayor a 50			
Profundidad	0.35m-1.20m	1.10m	1.00m	1.20m
Tipo de suelo (AASHTO)	Mayor a 50	Mayor a 50	Mayor a 50 / 20 - 50	Mayor a 50

Fuente: Elaboración propia



**Anexo 4: Coeficientes de las capas de pavimento:**

**Coeficiente de la capa de Concreto Asfáltico (a1)**

Según Alfonso Montejo Fonseca [10], este coeficiente a1 está en función del valor de la estabilidad Marshall, tal como muestra la carta de la figura 6 propuesta por Van Til en 1972. La condición mínima de estabilidad Marshall exigida por la norma EG-2000 [8], capítulo 4 (pavimento asfáltico, tabla 410-9) para alturas mayores a 3,000 m.s.n.m. es 8KN (1798 lb), por tanto:

Figura N° A.01: Carta: Coeficiente a1 según valor de estabilidad Marshall (lb)

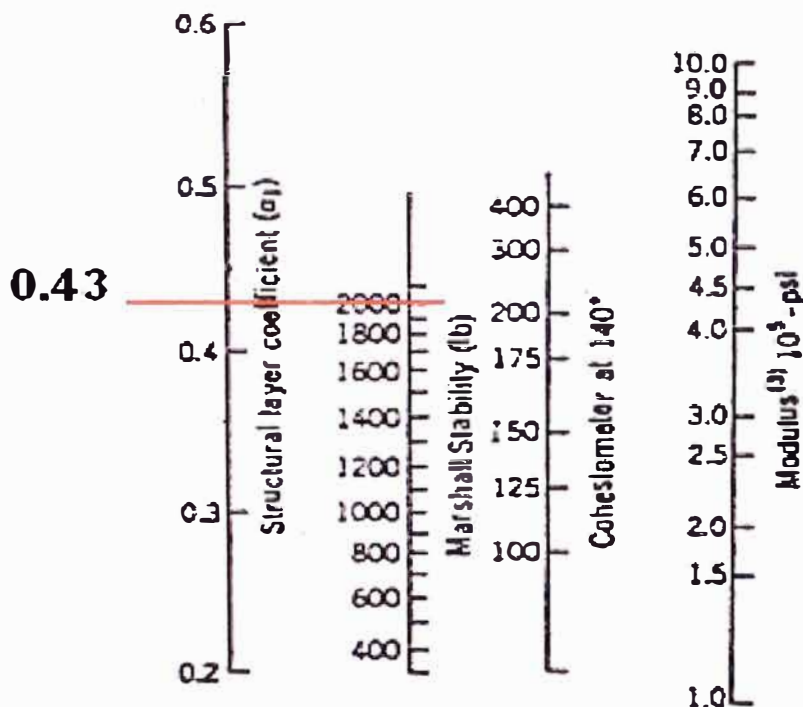


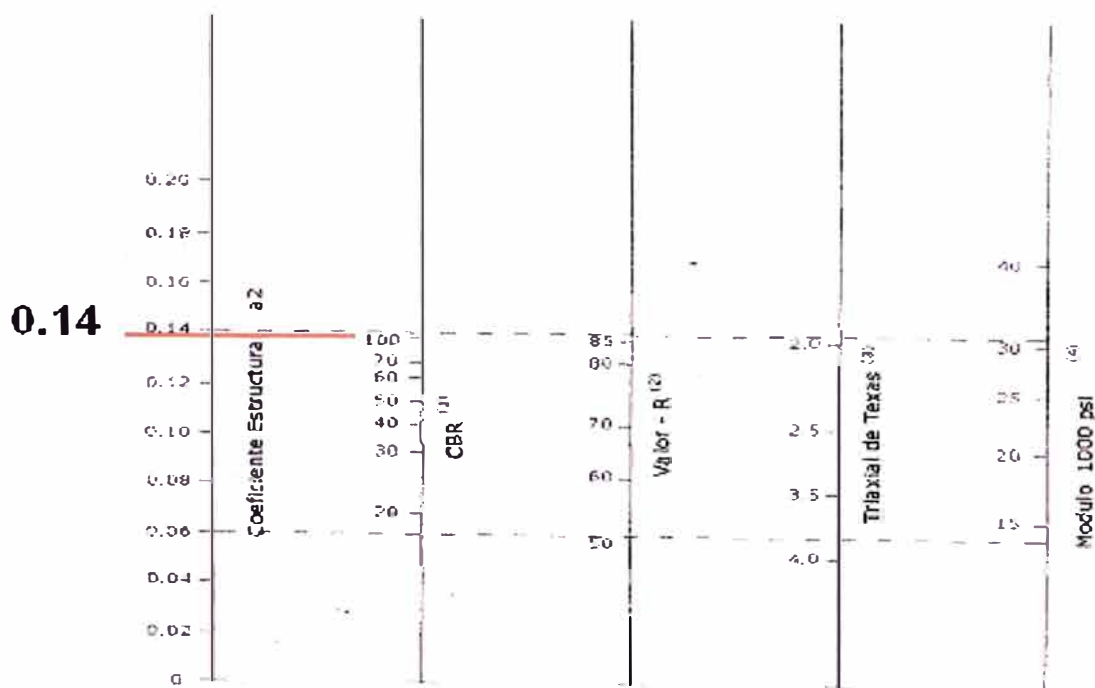
Figure 2-4.14. AC surface course layer coefficient related to other AC tests (Van Til et al. 1972).

Fuente: Ing. Melchor Areche, José; Notas de clase Pavimentos [24]

**Coeficiente estructural de Base Granular (a2)**

Según Alfonso Montejo Fonseca [10], la guía AASHTO presenta la carta siguiente para la obtención del coeficiente estructural de base en función del modulo resiliente. El valor mínimo de CBR para bases granulares exigida por la norma EG-2000 [8], capítulo 3 (Subbases y bases, tabla 305-1) para tráfico pesado es 100%, por tanto:

Figura N° A.02: Carta: Coeficiente estructural de Capa Base (a2) según parámetros de resistencia

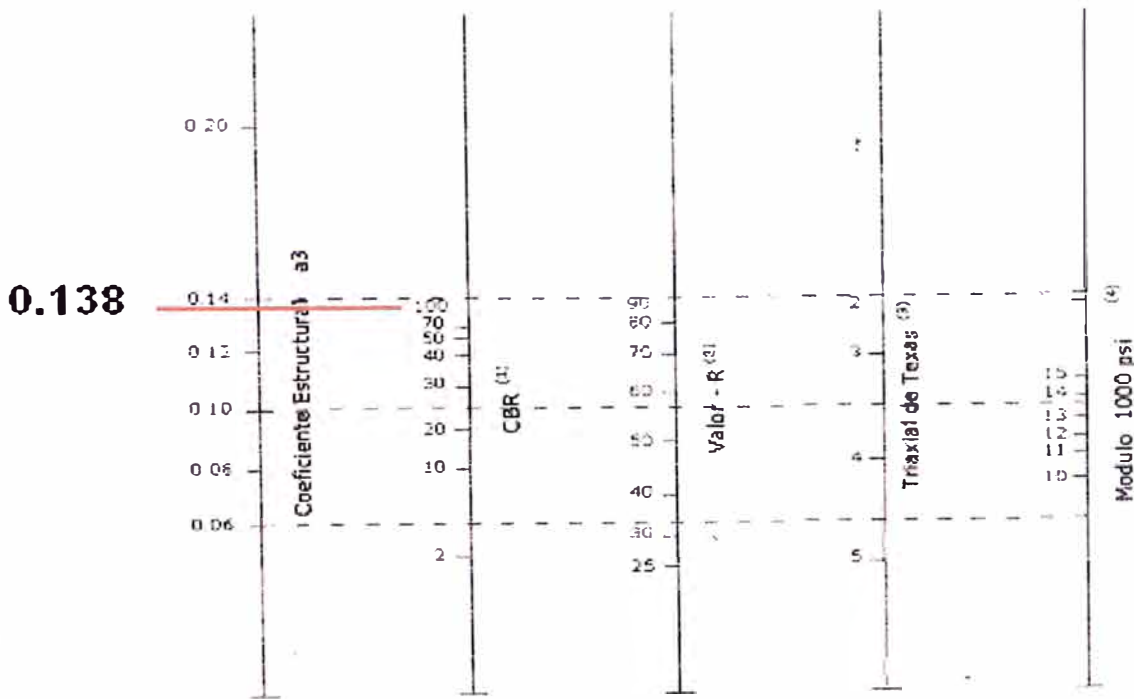


Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de pavimentos [10]

### Coeficiente estructural de Subbase Granular (a3)

Según Alfonso Montejo Fonseca [10], la guía AASHTO proporciona la carta siguiente para la obtención del coeficiente estructural de subbase en función del modulo resiliente. El valor mínimo de CBR para subbases granulares exigida por la norma EG-2000 [8], capítulo 3 (Subbases y bases, tabla 303-2) para altitud  $\geq$  3,000 m.s.n.m. es 40%, la cantera más cercana con datos disponibles al tramo de estudio es la cantera Rumichaca I, cuyo valor de CBR es de 90% al 100% de la MDS [20], por tanto:

Figura A.03: Carta: Coeficiente estructural de Capa Subbase (a3) según parámetros de resistencia



Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de pavimentos [10]

**Anexo 5: Números estructurales según AASHTO 1993:**

- Número estructural requerido para el pavimento (SN3): El número estructurales obtenido por solución de la ecuación (Ec.2.01), con los parámetros ya obtenidos. Para efectos de facilidad de cálculo, se ha utilizado el programa: EqAASHTO93 Versión 2.0 [21]: **SN<sub>PAVIMENTO</sub> = SN3 = 1.37 (AASHTO 1993)**

Figura N° A.04: Número estructural: pavimento (SN3)

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The title bar reads 'Ecuación AASHTO 93'. The main window title is 'CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)'. Below the title, it says 'Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004'. The interface is divided into several sections: 'Tipo de Pavimento' with radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'; 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' with a dropdown menu showing '60 % Zi=0.253' and a text box for 'So' containing '0.45'; 'Serviciabilidad inicial y final' with text boxes for 'PSI inicial' (4.0) and 'PSI final' (1.5); 'Módulo resiliente de la subrasante' with a text box for 'Mr' (17164.4 psi); 'Información adicional para pavimentos rígidos' with text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'; 'Tipo de Análisis' with radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'; 'Número Estructural' with a text box for 'SN' which is circled in red; and 'Observaciones' with a large empty text area. At the bottom, there are 'Calcular' and 'Salir' buttons.

Fuente: Elaboración propia

- Número estructural requerido para la carpeta asfáltica sobre base granular (SN1<sub>BG</sub>): El número estructural es obtenido por solución de la ecuación (Ec.2.01), con los parámetros ya obtenidos, considerando el valor de  $M_R = 20162.9$  psi de la base (con CBR = 100%) como parámetro para el cálculo. Para efectos de facilidad de cálculo, se ha utilizado el programa: EqAASHTO93 Versión 2.0 [21]: **SN<sub>CARPETA ASFÁLTICA</sub> = SN1 = 1.28 (AASHTO 1993)**

Figura Nº A.05: Número estructural: carpeta asfáltica (SN<sub>1BG</sub>)

Fuente: Elaboración propia

- Número estructural requerido para la carpeta asfáltica sobre base estabiizada con emulsión asfáltica (SN<sub>1EA</sub>): De acuerdo a Alfonso Montejo Fonseca [10], por ser el material de base de módulo  $M_R=350 \text{ ksi} = 350000 \text{ psi} > 40000 \text{ psi}$ , no puede aplicarse el procedimiento del análisis de diseño por capas, por lo cual debe seleccionarse los espesores mínimos y costos.

- Número estructural requerido para la carpeta asfáltica + base (SN<sub>2</sub>): El número estructural es obtenido por solución de la ecuación (Ec.2.01), con los parámetros ya obtenidos, considerando el valor de  $M_R$  de la subbase (con CBR = 90%) como parámetro para el cálculo. Para efectos de facilidad de cálculo, se ha utilizado el programa: EqAASHTO93 Versión 2.0 [21]: **SN<sub>CARPETA ASFÁLTICA + BASE</sub> = SN<sub>2</sub> = 1.29 (AASHTO 1993)**

Figura N° A.06: Número estructural: carpeta asfáltica + base (SN2)

**Ecuación AASHTO 93**

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela, Ingeniero Civil, Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
60 % Zi=0.253 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
PSI inicial 4.0 PSI final 1.5

Módulo resiliente de la subrasante  
Mr 19707.2 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 86477** **Número Estructural**  
 Calcular W18 **SN = [ ]**

Observaciones

Calcular Salir

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 6: Carácter de clima según INSTITUTO DE ASFALTO 1993:**

Para el desarrollo se seleccionan tres grupos de condiciones ambientales; representativas del rango de condiciones:

Cuadro N° A.04: Temperatura media anual

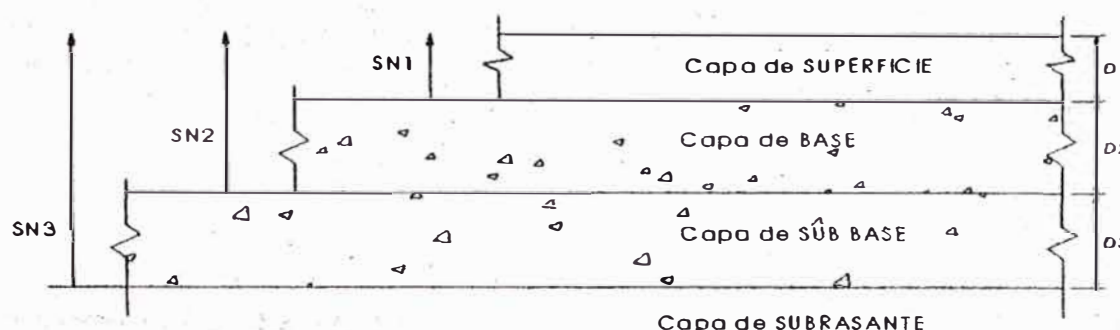
Temperatura Media Anual	Efecto de la Helada
<7 °C (45°F)	Si
15.5°C (60°F)	Posible
>24°C (75°F)	No

*Fuente: Instituto Mexicano del Transporte; Pavimentos flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias. [4]*

### **Anexo 7: Secuencia de cálculo para AASHTO 1993:**

Según Alfonso Montejo Fonseca [10], el diseño contempla un análisis por capas de pavimento, basado en el concepto de proteger a las capas granulares de las posibles presiones excesivas que llegaran a producir deformaciones permanentes, restringiendo los espesores mínimos para que contrarresten estos efectos, considerando que la sección está formada por un sistema estratificado compactado, donde cada capa aporta su respectiva resistencia.

Figura N° A.07: Esquema de capas de pavimento flexible



Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de pavimentos [10]

- 1) a, D, m y SN representan los valores mínimos requeridos
- 2) Un asterisco junto a D o a SN, indica el valor actualmente usado el cual debe ser igual o mayor al valor requerido.

El diseño es aplicado para los materiales considerados:

#### **a) Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica (full depth):**

Considerando la posibilidad de construir solamente la carpeta de rodadura con mezcla asfáltica apoyada sobre la subrasante, con los parámetros de diseño indicados:

- $a_1 = 0.43$
- $m_2 = 0.9$
- $SN_{\text{PAVIMENTO (REQUERIDO)}} = SN_3 = 1.37$



Reemplazando en Ec.2.02:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_{2_{\text{granular}}} \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$SN = 1.37 = (0.43) \times D_1 + (0) + (0) \rightarrow D_1 = 3.2 \text{ pulgadas}$$

- Espesor propuesto para carpeta asfáltica = 4" (10 cm) = D1

Es reemplazado en la ecuación (Ec.2.02):

$$SN = a_1 \times D_1 + a_{2_{\text{granular}}} \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$SN_{\text{DISEÑO AASHTO 1993}} = (0.43 \times 4) + (0) + (0)$$

$$SN_{\text{DISEÑO AASHTO 1993}} = 1.72 > 1.37 = SN_{\text{PAVIMENTO (REQUERIDO)}}$$

Se verifica el diseño planteado.

b) Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica, base de agregado granular:

Aplicando el método de análisis por capas [10]:

$$D^*1 \geq (SN_1 / a_1) \rightarrow D^*1 \geq (1.28 / 0.43) = 2.97''$$

$$D^*1 = 3'' \rightarrow SN^*1 = a_1 \times D^*1 = 0.43 \times 3 = 1.29$$

$$D^*2 \geq (SN_2 - SN^*1) / (a_{2_{\text{granular}}} \times m_2) \rightarrow D^*2 \geq (1.29 - 1.29) / (0.14 \times 0.9)$$

$$D^*2 \geq 0 \rightarrow D^*2 = 0'' \text{ (teóricamente no es requerido)}$$

$$SN^*2 = SN^*1 + (a_{2_{\text{granular}}} \times m_2 \times D^*2) = 1.29 + (0.14 \times 0.9 \times 0) = 1.29$$

$$D^*3 \geq (SN_3 - SN^*2) / (a_3 \times m_3)$$

$$\rightarrow D^*3 \geq (1.37 - 1.29) / (0.138 \times 0.9) \rightarrow D^*3 \geq 0.64$$

$$\rightarrow D^*3 = 1'' \text{ (espesor teórico)}$$

Adjuntando los espesores calculados para diseño con los parámetros de diseño indicados:

- $a_1 = 0.43$ ,  $a_{2_{\text{granular}}} = 0.14$
- $m_2 = 0.9$
- $SN_{\text{PAVIMENTO (REQUERIDO)}} = SN_3 = 1.37$
- Espesor propuesto para carpeta asfáltica = 3" (7.5 cm) = D1
- Espesor propuesto para base granular = 0" (0 cm) = D2 (no es requerido)
- Espesor propuesto para subbase granular = 3" (2.5 cm) = D3 (espesor mínimo recomendado [11])

Son reemplazados en la ecuación (Ec.2.02):

$$SN = a_1 \times D_1 + a_{2_{\text{granular}}} \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$SN_{\text{DISEÑO AASHTO 1993}} = (0.43 \times 3) + (0.14 \times 0 \times 0.9) + (0.14 \times 3 \times 0.9)$$

$$SN_{\text{DISEÑO AASHTO 1993}} = 1.668 > 1.37 = SN_{\text{PAVIMENTO (REQUERIDO)}}$$

Se verifica el diseño planteado.

*Verificación:* Ejecutando la hoja de cálculo creada por el Ing. Pablo del Águila [12], los resultados son:

Cuadro N° A.05: Ejecución de Hoja de Excel del Ing. Pablo del Águila para el diseño de pavimentos

<b>DISEÑO DEL REFUERZO METODO AASHTO 1993</b>		
PROYECTO : CARRETERA CAÑETE-YAUYOS-HUANCAYO	TRAMO : ALIS	
SECCION 4 : km 164+100 - km 164+400	FECHA : Junio 2009	
<b>DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :</b>		
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>		<b>DATOS</b>
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)		420.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)		20.16
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)		19.70
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>		
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W <sub>18</sub> )		8.65E+04
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		60%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Z <sub>r</sub> )		-0.253
OVERALL STANDARD DEVIATION (S <sub>o</sub> )		0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		17.16
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (p <sub>i</sub> )		4.0
E. SERVICIABILIDAD FINAL (p <sub>f</sub> )		1.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		10
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>		
<b>A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA</b>		
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )		0.43
Base granular (a <sub>2</sub> )		0.14
Subbase (a <sub>3</sub> )		0.138
<b>B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA</b>		
Base granular (m <sub>2</sub> )		0.90
Subbase (m <sub>3</sub> )		0.90
<b>DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :</b>		
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )	1.37	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )	1.28	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )	0.01	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )	0.08	
<b>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA</b>		
	TEORICO	PROPUESTO
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (pulg.)	3.0	3.0
ESPESOR BASE GRANULAR (pulg.)	0.1	0.0
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (pulg.)	0.5	1.0
ESPESOR TOTAL (pulg.)		4.0
HOJA DISEÑADA POR	ING. PABLO DEL AGUILA LIMA, PERU	

Fuente: Ing. Del Águila, Pablo; Hoja de cálculo Excel de aplicación directa [12].

Los resultados se verifican por ambos procedimientos.

c) Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica, base granular tratada con emulsión asfáltica:

Según Alfonso Montejo Fonseca [10], no puede aplicarse el método de análisis por capas, por lo cual queda analizar por tanteo con los parámetros de diseño indicados:

- $a_1 = 0.43$ ,  $a_{2\text{emulsión asfáltica}} = 0.30$ ,  $a_3 = 0.138$
- $m_3 = 0.90$
- $SN_{\text{PAVIMENTO (REQUERIDO)}} = SN_3 = 1.37$

$$SN_{\text{PAVIMENTO (REQUERIDO)}} = a_1 \times D_1 + a_{2\text{emulsión asfáltica}} \times D_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$SN_{\text{PAVIMENTO (REQUERIDO)}} = 0.43 \times D_1 + 0.30 \times D_2 + 0.12 \times D_3 = 1.37$$

Tanteando, considerando los espesores mínimos indicados [11]:

Cuadro N° A.06: Tanteo de espesores de capas de pavimento: bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Capas	TANTEOS				
	1	2	3	4	5
Superficie Rodadura (pulg.)	2	3	0	0	0
Base + Emulsión Asfáltica (pulg.)	3	3	3	4	5
Subbase (pulg.)	0	0	3	3	0
<b>SN<sub>CALCULADO</sub></b>	1.76	2.19	1.27	1.57	<b>1.50</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto

- Espesor propuesto para carpeta asfáltica = 0" (0 cm) = D1 → Se requiere de una capa de protección, tal como un **tratamiento superficial bicapa (TSB)**. Esto tomado de la indicación dada por Alfonso Montejo Fonseca [10]
- Espesor propuesto para base estabilizada con emulsión asfáltica = 5" (12.5 cm) = D2
- Espesor propuesto para subbase granular = 0" (0 cm) = D3 (no es requerido)

Son reemplazados en la ecuación (Ec.2.02):

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2_{\text{emulsión asfáltica}} \times D_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

$$SN_{\text{DISEÑO AASHTO 1993}} = (0) + (0.30 \times 5) + (0.138 \times 0 \times 0.9)$$

$$SN_{\text{DISEÑO AASHTO 1993}} = 1.50 > 1.37 = SN_{\text{PAVIMENTO (REQUERIDO)}}$$

Se verifica el diseño planteado.

### **Anexo 8: Secuencia de cálculo para INSTITUTO DE ASFALTO 1993:**

El diseño es aplicado para los materiales considerados:

#### **a) Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica (full depth):**

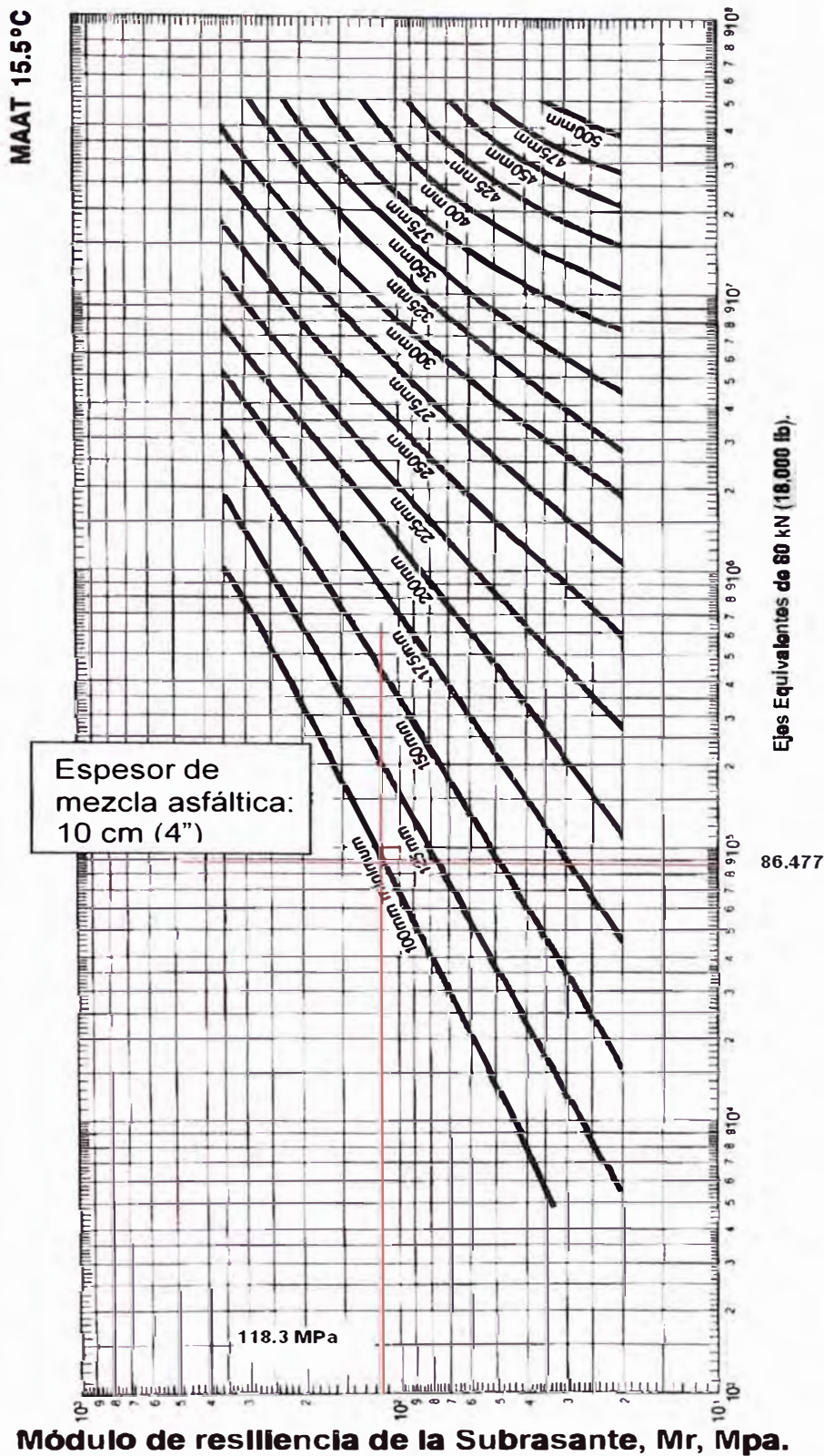
Según [4], Considerando la posibilidad de construir solamente la carpeta de rodadura con mezcla asfáltica apoyada sobre la subrasante, el diseño, puede hacerse empleando las cartas de diseño en función a la temperatura media anual: la gráfica MAAT 15.5°C para temperaturas intermedias. Se ingresa a las cartas con los valores apropiados de EAL y los valores de  $M_R$  de diseño de la subrasante previamente seleccionados:

Temperatura Media Anual = 15.5 °C => MAAT 15.5 °C

$M_{R_{SUBRASANTE}}$ : 17164.4 psi = 118344367.05 Pa = 118.3 MPa

Ejes equivalentes =  $W_{18}$  = 86,477 ejes equivalentes

Figura N° A.08: Pavimento de mezcla asfáltica de una sola capa (15.5 °C)



Fuente: Instituto Mexicano del Transporte; Pavimentos flexibles.

Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias. [4]

Por tanto, el resultado es:

- Espesor propuesto de pavimento asfáltico en todo su espesor es: 4" (10 cm)

**b) Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica, base de agregado granular:**

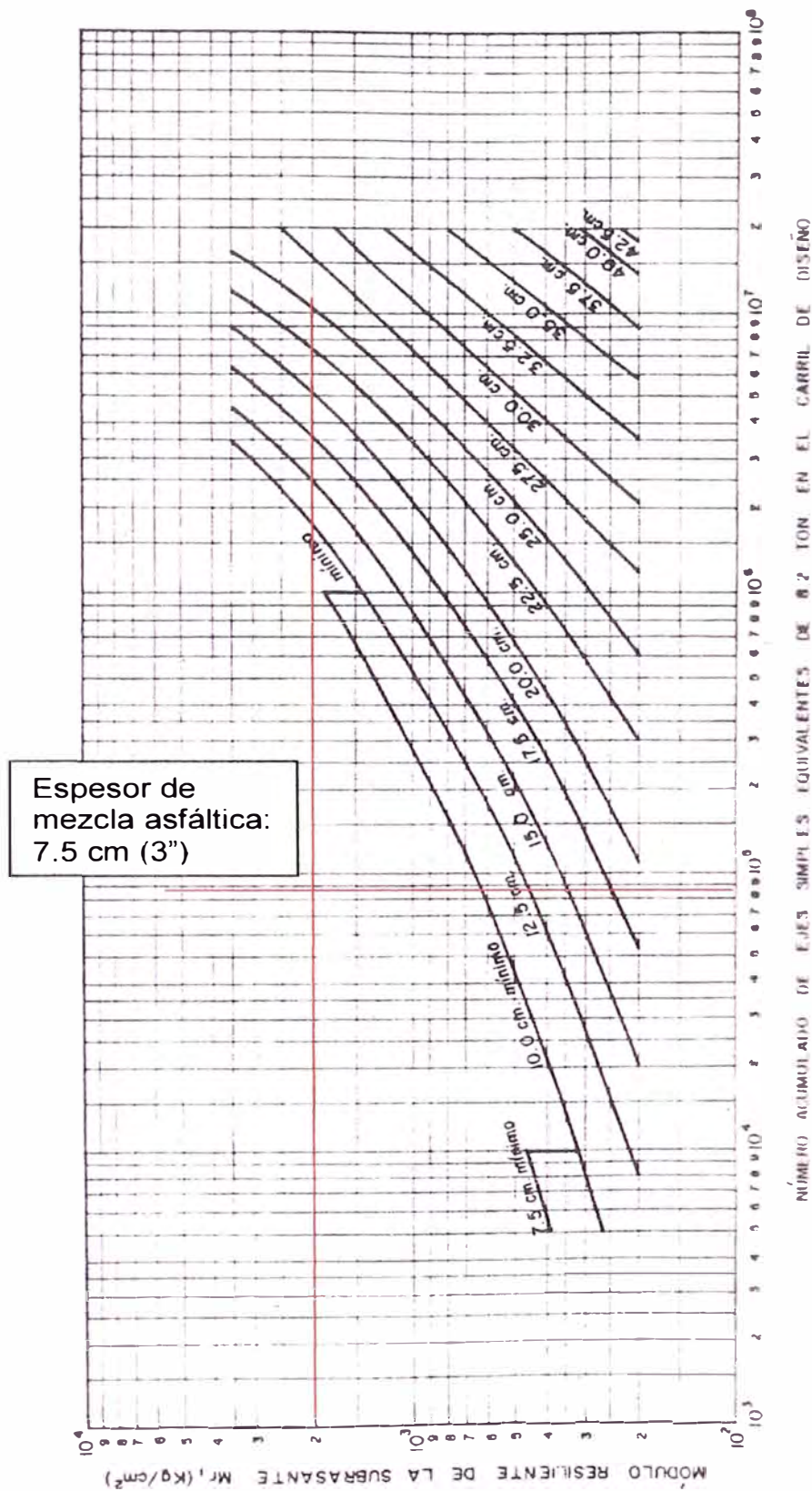
De acuerdo a Alfonso Montejo Fonseca [10], el diseño puede hacerse empleando las cartas de diseño en función a los valores preestablecidos del espesor de base granular: 10 cm, 15cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm y 45 cm. Se ingresa a las cartas con los valores apropiados de EAL y los valores de  $M_R$  de diseño de la subrasante previamente seleccionados:

$M_{R_{SUBRASANTE}}: 17164.4 \text{ psi} = 1206.7 \text{ kg/cm}^2 = 1.2 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$

Ejes equivalentes ( $W_{18}$ ): 86,477 ejes equivalentes

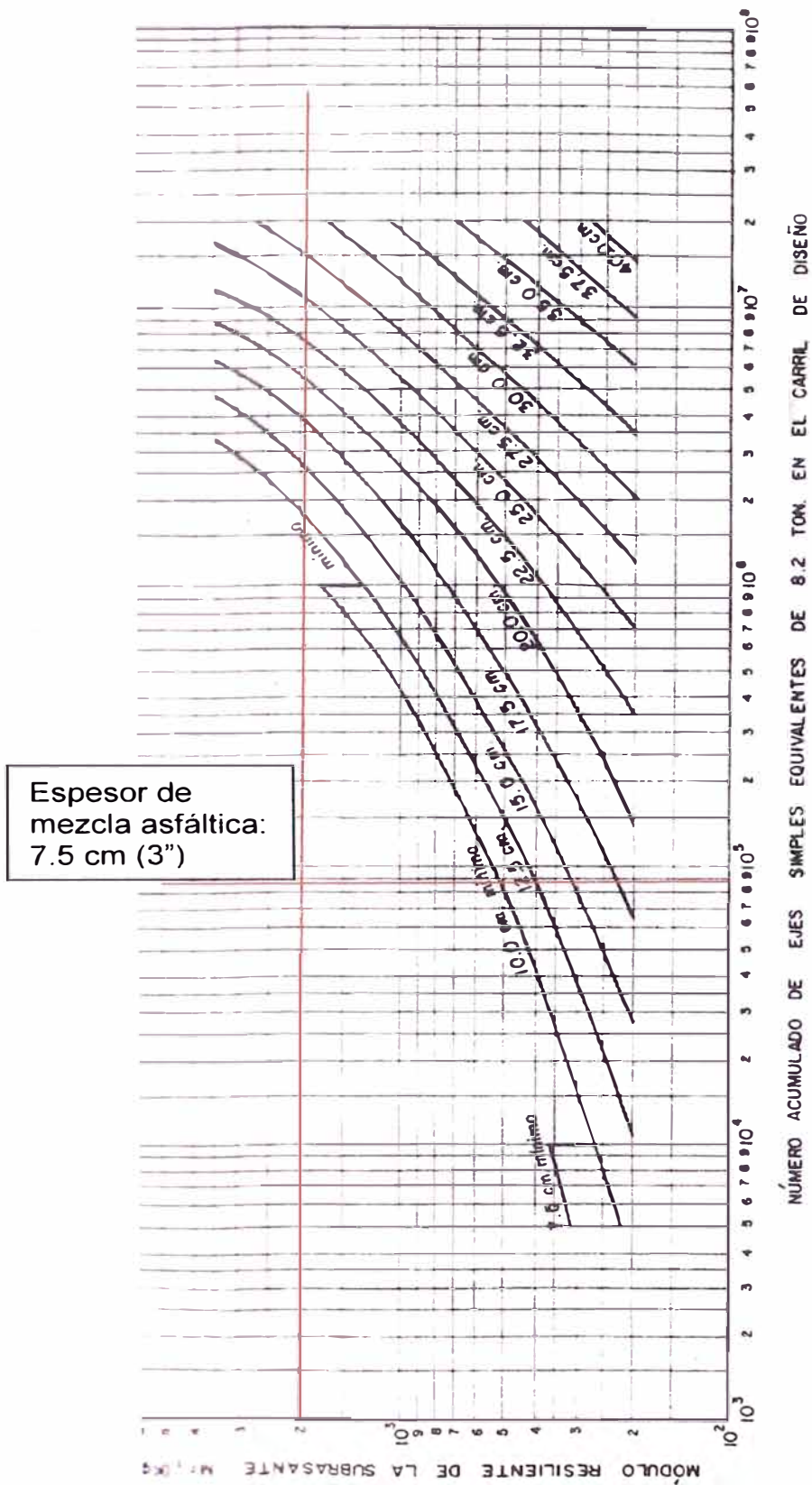


Figura N° A.09: Base granular de 10 cm (4")



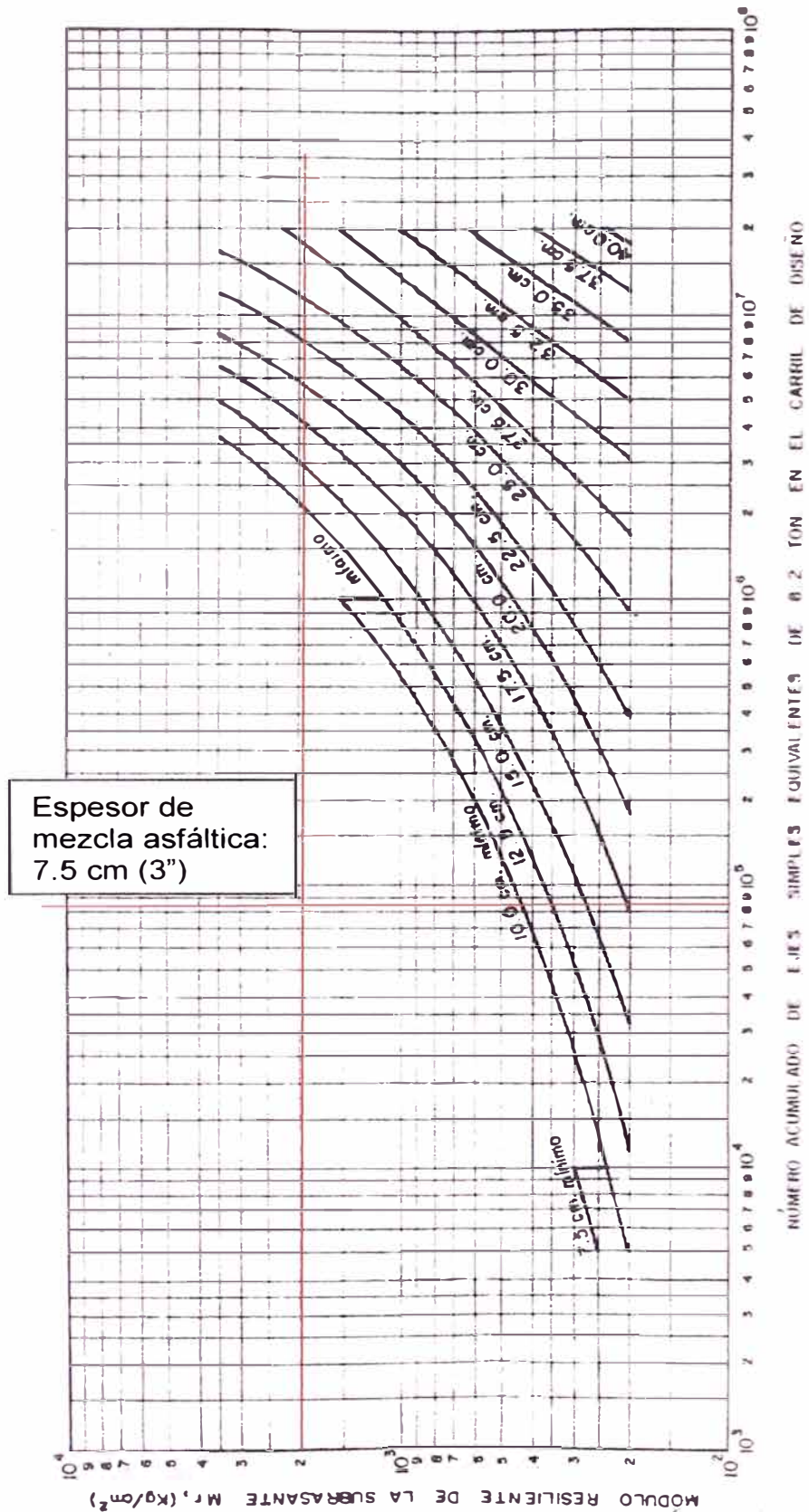
Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos. [10]

Figura N° A.10: Base granular de 15 cm (6")



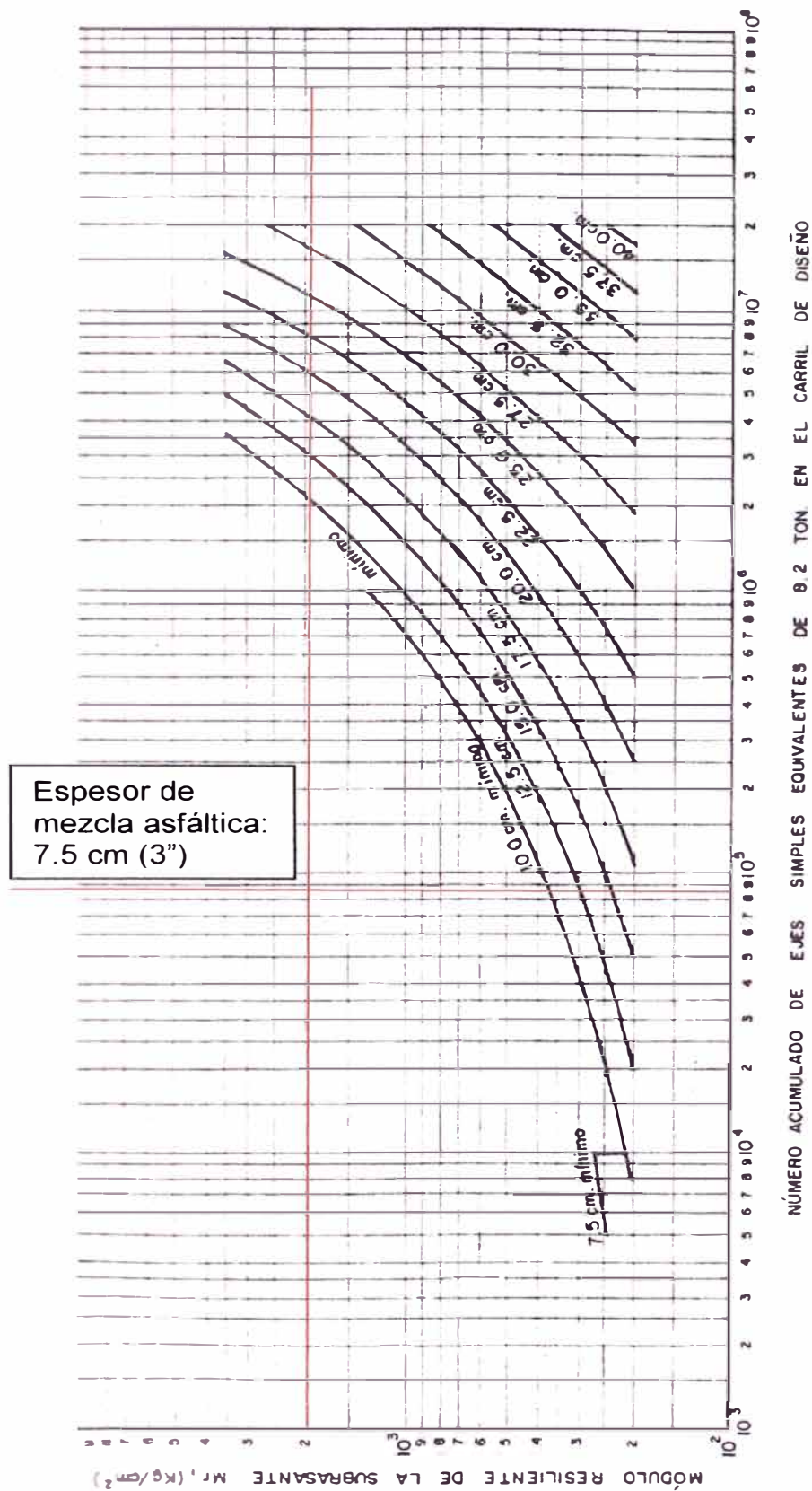
Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos. [10]

Figura N° A.11: Base granular de 20 cm (8")



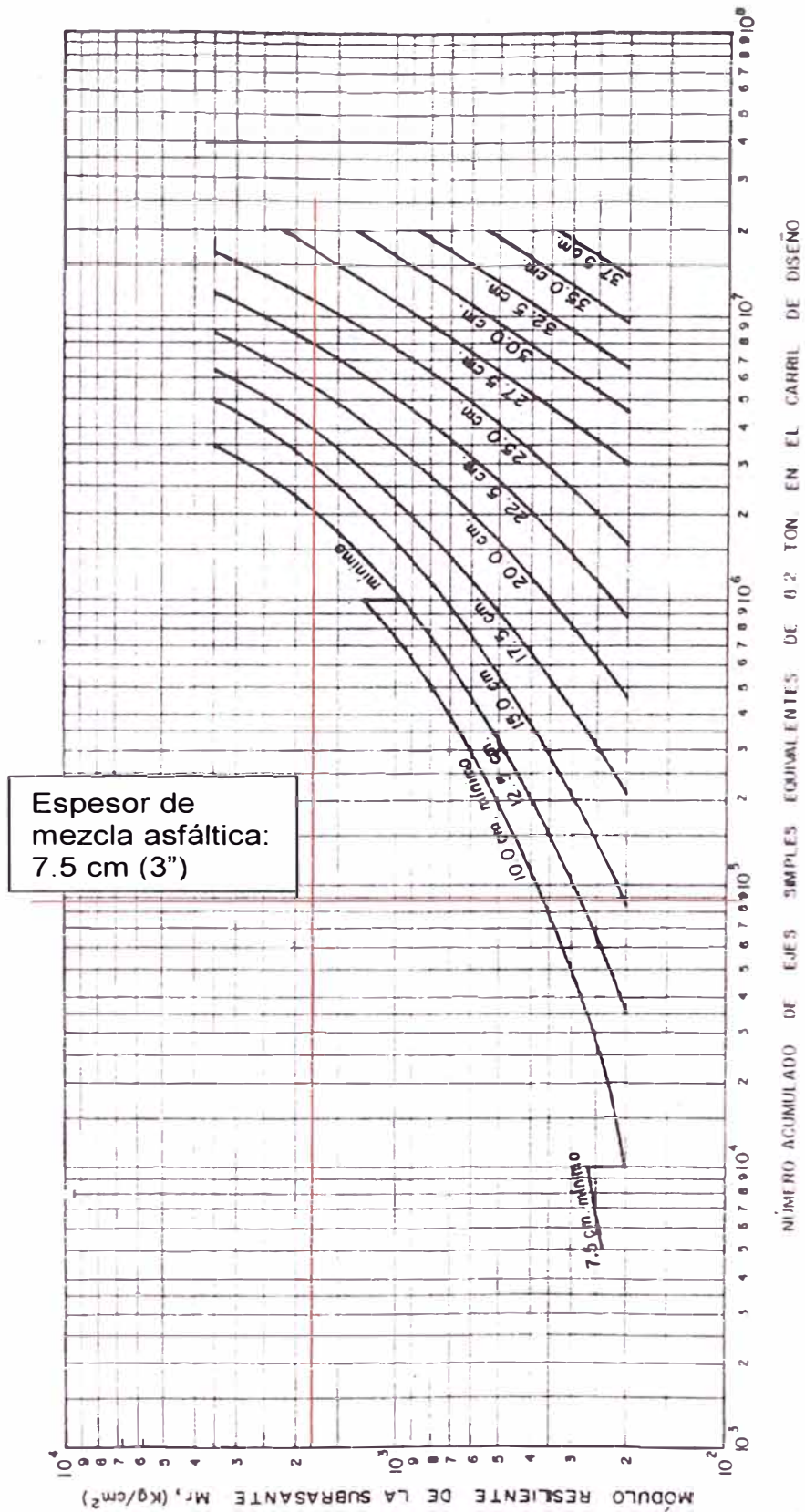
Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos. [10]

Figura N° A.12: Base granular de 25 cm (10")



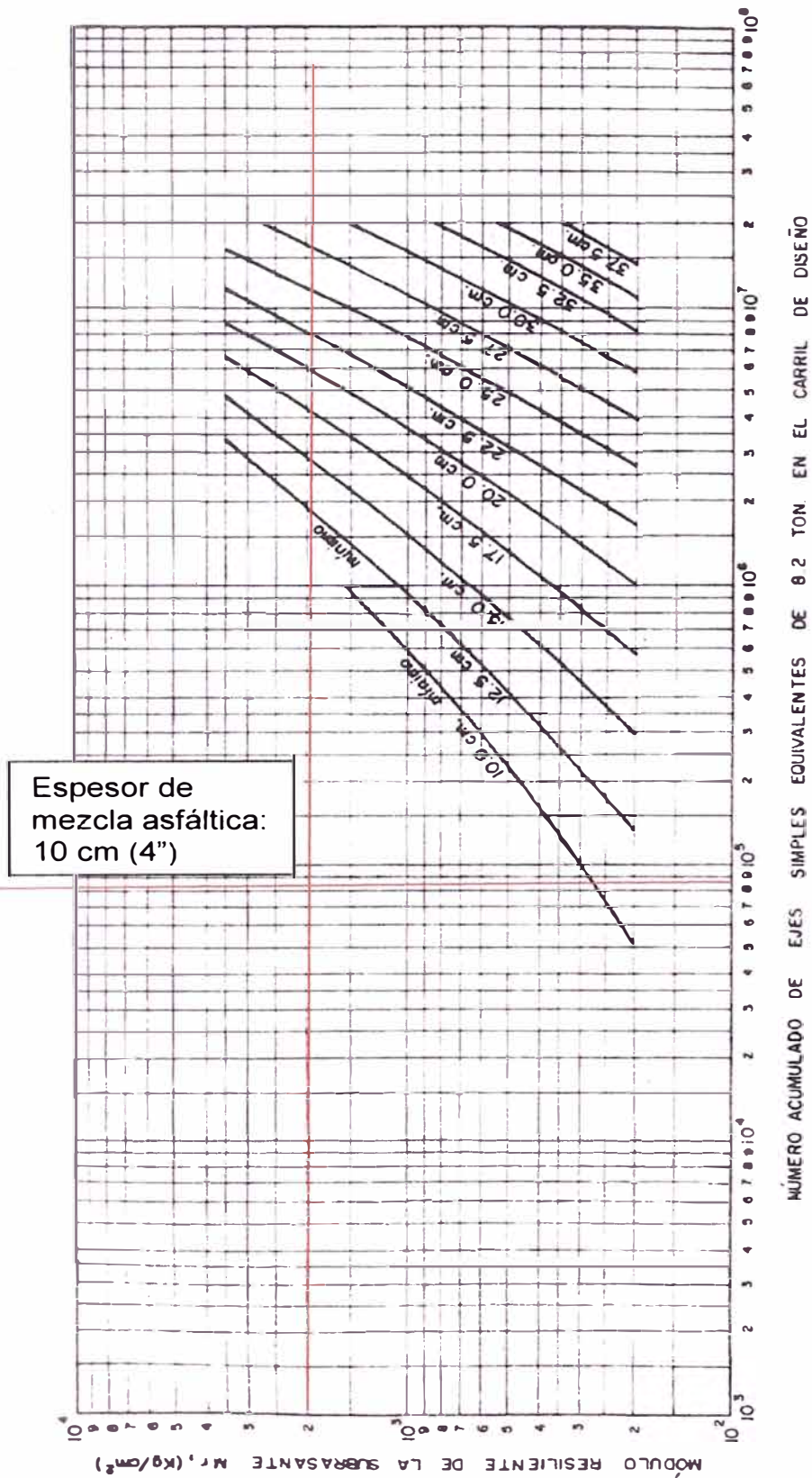
Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos. [10]

Figura N° A.13: Base granular de 30 cm (12")



Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos. [10]

Figura N° A.14: Base granular de 45 cm (18")



Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos. [10]

Dichos espesores de concreto asfáltico deben verificar una condición de espesor mínimo de acuerdo al tránsito en ejes equivalentes (EAL):

- Espesor mínimo de concreto asfáltico: el método recomienda los siguientes valores para superficies de concreto asfáltico construidas sobre bases granulares sin estabilizar:

Cuadro N° A.07: Espesores de superficie de concreto asfáltico sobre bases granulares sin estabilizar

NIVEL TRÁNSITO EN EJES EQUIVALENTES	CONDICIÓN TRÁNSITO	ESPESOR MÍNIMO DE CARPETA ASFÁLTICA EN CM
Hasta 10,000	Ligero	7.5 (2)
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10.0
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 ó más

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte; Pavimentos flexibles. Problemática, Metodologías de Diseño y Tendencias. [4]

EAL en el tramo de estudio (representativo al carril de diseño):  $W_{18} = 86,477$  ejes equivalentes  $< 10^5$ , el espesor mínimo de concreto asfáltico indicado para el tramo de estudio es: **7.5 cm (3") (base granular)**

Los espesores calculados varían entre 7.5 cm y 10 cm, por tanto cumplen la condición. En resumen, los resultados calculados para las alternativas de espesores son:

Cuadro N° A.08: Espesores de mezcla asfáltica según espesor de base granular

Capas	COMBINACIONES					
	1	2	3	4	5	6
Mezcla asfáltica (pulg.)	3	3	3	3	3	4
Base granular (pulg.)	4	6	8	10	12	18

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, tomando el criterio de menores espesores para generar menores costos, el resultado es:

Espesor propuesto de mezcla asfáltica: 7.5 cm (3")

Espesor propuesto de base granular: 10 cm (4")

c) Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica, base granular tratada con emulsión asfáltica:

Según Alfonso Montejo Fonseca [10], las bases estabilizadas con emulsiones asfálticas corresponden a tres tipos de mezclas, según la clase de agregados utilizados:

**Tipo I:** Mezcla de emulsiones asfálticas con agregados procesados, densamente graduados.

**Tipo II:** Mezcla de emulsiones asfálticas con agregados semiprocesados, de trituración, de bancos o carreteras.

**Tipo III:** Mezclas de emulsiones con arenas o arenas limosas.

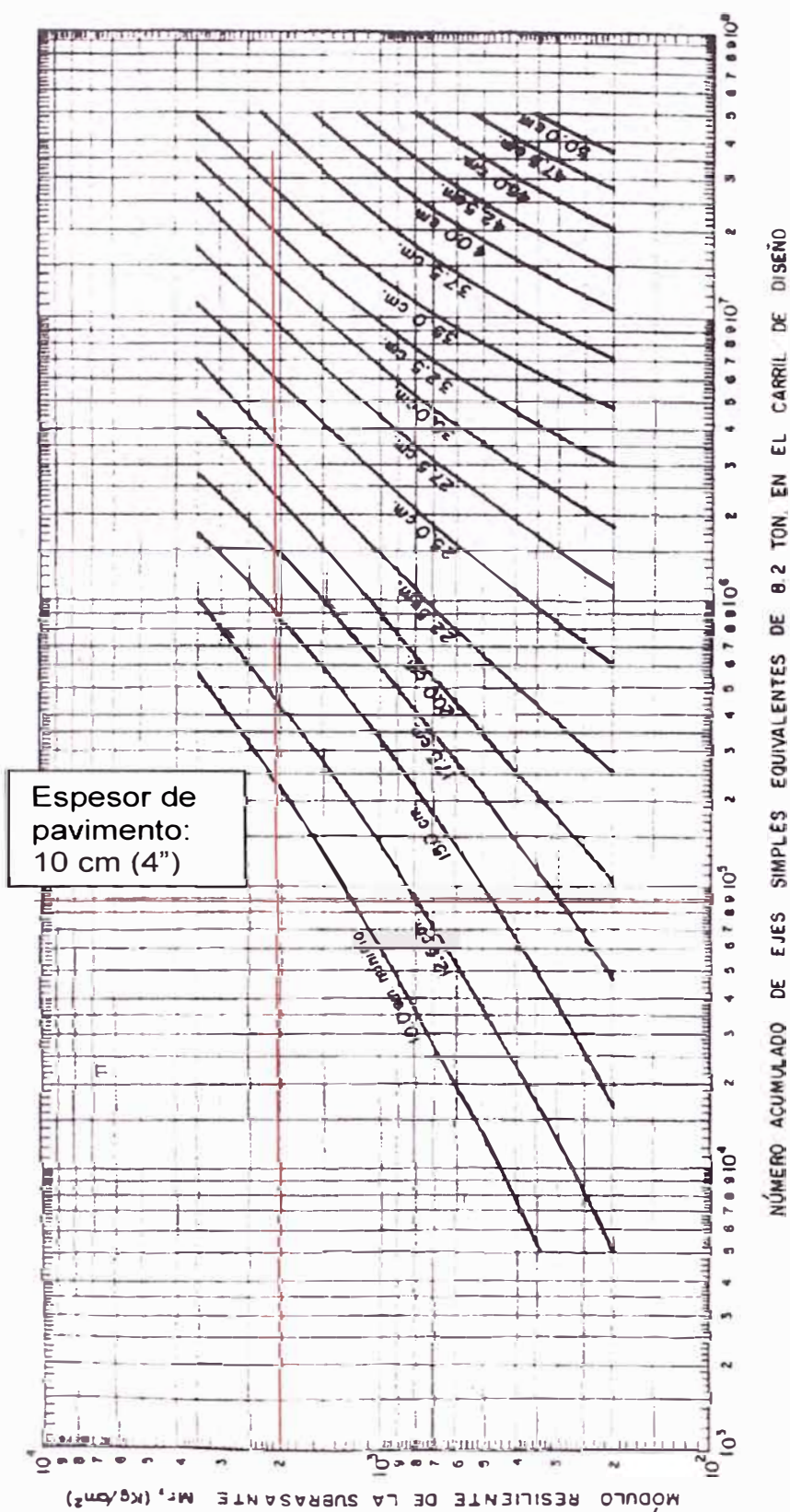
En el proyecto no se utilizará materiales arenosos considerando que se utilizará material de cantera con una granulometría establecida, por tanto las bases estabilizadas con emulsiones asfálticas a considerar son el Tipo I y Tipo II. El diseño puede hacerse empleando las cartas de diseño en función a los tipos de mezclas consideradas: Tipo I y Tipo II, donde se obtienen los espesores totales de pavimento. Se ingresa a las cartas con los valores apropiados de EAL y los valores de  $M_R$  de diseño de la subrasante previamente seleccionados:

$$M_{R_{\text{SUBRASANTE}}}: 17164.4 \text{ psi} = 1206.7 \text{ kg/cm}^2 = 1.2 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Ejes equivalentes} = W_{18} = 86,477 \text{ ejes equivalentes}$$

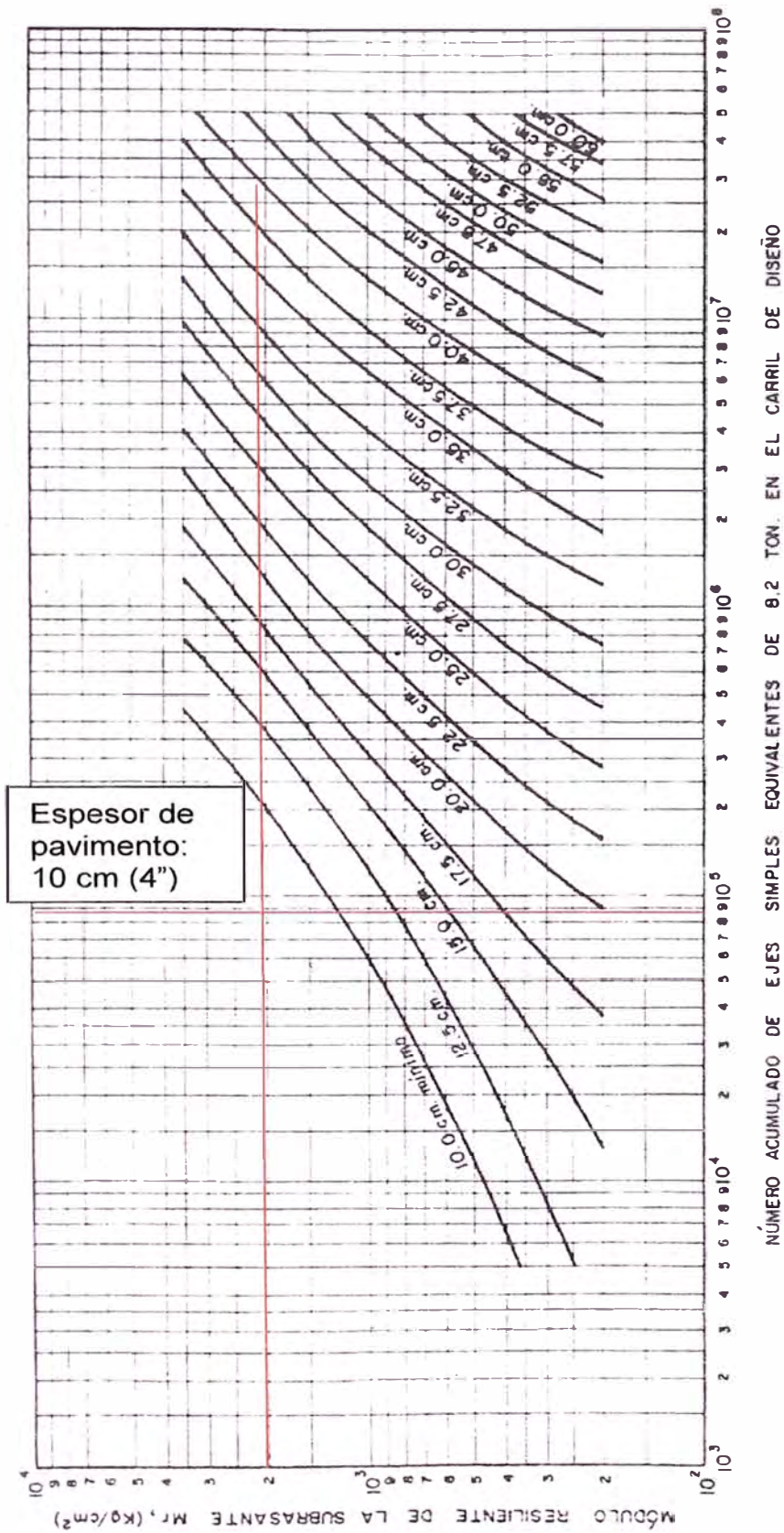


Figura N° A.15: Base estabilizada con emulsión asfáltica Tipo I



Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos. [10]

Figura N° A.16: Base estabilizada con emulsión asfáltica Tipo II



Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos. [10]

Dichos espesores de pavimento deben verificar una condición de espesor mínimo de concreto asfáltico sobre las bases de acuerdo al tránsito en ejes equivalentes (EAL):

- Espesor mínimo de mezcla asfáltica sobre bases estabilizadas con emulsión asfáltica: según Alfonso Montejo Fonseca [11], el método recomienda los siguientes valores para superficies de concreto asfáltico construidas sobre bases granulares estabilizadas con emulsiones asfálticas:

Cuadro N° A.09: Espesores mínimos de mezcla asfáltica sobre bases granulares estabilizadas con emulsiones asfálticas

Espesores mínimos de concreto asfáltico sobre bases de otra clase	
Bases estabilizadas con emulsión asfáltica	
Nivel de tránsito (m)	Espesores mínimo sobre bases Tipos II y III* (cm)
10 <sup>4</sup>	5.0
10 <sup>5</sup>	5.0
10 <sup>6</sup>	7.5
10 <sup>7</sup>	10.0
>10 <sup>7</sup>	12.5

\* Sobre las bases de Tipo II y III puede colocarse una del Tipo I y un tratamiento superficial en lugar de la mezcla asfáltica.

Fuente: Montejo Fonseca, Alfonso; Ingeniería de Pavimentos. [10]

El tránsito (EAL) en el tramo de estudio (representativo al carril de diseño): EAL = 86,477 ejes equivalentes < 10<sup>5</sup>, el espesor mínimo de mezcla asfáltica indicado para el tramo de estudio es: **5 cm (2") (Tipo II y Tipo III)**

Para el espesor total de pavimento con base estabilizada de Tipo I, esta condición mínima no aplica, por tanto, el pavimento estaría conformado por: **Tratamiento superficial bicapa (TSB) = 2" con Base de mezcla con emulsión asfáltica de Tipo I = 4"**.

Para el espesor total de pavimento con base estabilizada de Tipo II: el espesor mínimo de mezcla asfáltica = 5 cm (2"), por tanto, el espesor de base estabilizada de Tipo II = 4" – (2") = 2". Por tanto, el pavimento estaría

conformado por: Mezcla asfáltica = 2" + Base de mezcla con emulsión asfáltica de Tipo II = 2". Bajo la posibilidad indicada en el cuadro A.09, se coloca una base de mezcla con emulsión asfáltica de Tipo I = 2" con un tratamiento superficial bicapa (TSB) = 2" en reemplazo de la capa de Mezcla asfáltica = 2", por lo cual queda conformado la propuesta de pavimento como: Tratamiento superficial bicapa (TSB) = 2" + Base de mezcla con emulsión asfáltica de Tipo I = 2" + Base de mezcla con emulsión asfáltica de Tipo II = 2"

Sin embargo, considerando que las mezclas con emulsión asfáltica de Tipo I y II serán preparadas en plantas de asfalto, con materiales gradados bajo un proceso de chancado y tamizado, los agregados procesados son similares, entonces ambas mezclas son similares y se pueden considerar iguales: mezcla con emulsión asfáltica. Los espesores resultantes del proceso de diseño considerando cada mezcla son:

Tipo I: TSB = 2", Mezcla con emulsión asfáltica = 4" (Tipo I) = 4"

Tipo II: TSB = 2", Mezcla con emulsión asfáltica = 2" (Tipo I) + 2" (Tipo II) = 4"

Por tanto, los espesores totales de pavimento planteados son:

Espesor propuesto para carpeta asfáltica = 0" (0 cm) → Se requiere de una capa de protección, tal como un **tratamiento superficial bicapa (TSB) = 2"**.  
Espesor propuesto para base estabilizada con emulsión asfáltica = 4" (10 cm)

### **Anexo 9: Precios unitarios aproximados por combinación de material de pavimento propuesto:**

#### *(a) Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica (full depth):*

Tras revisión de las características de materiales de cantera solicitadas en la norma EG-2000 [8], la cantera indicada para la provisión de material de agregado para la mezcla asfáltica en caliente es la cantera Rumichaca I (km. 136+200) es decir, una distancia a la progresiva promedio para el tramo en estudio de 28.05 km [20]. Considerando su ubicación se ha estimado un costo por m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica en caliente de espesor de 4", en base a los precios unitarios indicados por Cesar Herrera López [14]:

- Transporte de mezcla asfáltica hasta 1 km: S/. 8.89 / m<sup>3</sup>k, si 1m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica de 4" = 0.1 m<sup>3</sup> y la distancia a recorrer son 1 km → 0.1 m<sup>3</sup>k, entonces el costo de transportar mezcla asfáltica hasta 1 km para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 0.889
- Transporte de mezcla asfáltica D > 1 km: S/. 1.23 / m<sup>3</sup>k, si 1m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica de 4" = 0.1 m<sup>3</sup> y la distancia a recorrer son 28.05 – 1 = 27.05 km → 2.705 m<sup>3</sup>k, entonces el costo de transportar mezcla asfáltica D>1 km para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 3.32
- Carpeta asfáltica en caliente e=2": S/. 298.27 / m<sup>3</sup>, si 1m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica de 4" = 0.1 m<sup>3</sup> → 0.1 m<sup>3</sup>, entonces el costo de colocar mezcla asfáltica para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 29.827

El costo unitario total de colocar la combinación (a) es: S/. 34.03

#### *(b) Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica, subbase de agregado granular:*

Tras revisión de las características de materiales de cantera solicitadas en la norma EG-2000 [8] (ver anexo 11), la cantera indicada para la provisión de material de agregado para la mezcla asfáltica en caliente y material de subbase es la cantera Rumichaca I (km. 136+200) es decir, una distancia a la progresiva promedio para el tramo en estudio de 28.05 km [20]. Considerando su ubicación se ha estimado un costo por m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica en caliente de espesor de 3", en base a los precios unitarios indicados por Cesar Herrera López [14]:

- Transporte de mezcla asfáltica hasta 1 km: S/. 8.89 / m<sup>3</sup>k, si 1m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica de 3" = 0.0762 m<sup>3</sup> y la distancia a recorrer son 1 km → 0.0762 m<sup>3</sup>k, entonces el costo de transportar mezcla asfáltica hasta 1 km para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 0.677
- Transporte de mezcla asfáltica D > 1 km: S/. 1.23 / m<sup>3</sup>k, si 1m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica de 3" = 0.0762 m<sup>3</sup> y la distancia a recorrer son 28.05 – 1 = 27.05 km → 2.06 m<sup>3</sup>k, entonces el costo de transportar mezcla asfáltica D>1 km para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 2.53
- Carpeta asfáltica en caliente e=2": S/. 298.27 / m<sup>3</sup>, si 1m<sup>2</sup> de carpeta asfáltica de 3" = 0.0762 m<sup>3</sup> → 0.0762 m<sup>3</sup>, entonces el costo de colocar mezcla asfáltica para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 22.73
- Transporte de material granular hasta 1 km: S/. 3.28 / m<sup>3</sup>k, si 1m<sup>2</sup> de subbase granular de 3" = 0.0762 m<sup>3</sup> y la distancia a recorrer son 1 km → 0.0762 m<sup>3</sup>k, entonces el costo de transportar material de subbase hasta 1 km para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 0.25
- Transporte de material granular D > 1 km: S/. 1.33 / m<sup>3</sup>k, si 1m<sup>2</sup> de subbase granular de 3" = 0.0762 m<sup>3</sup> y la distancia a recorrer son 28.05 – 1 = 27.05 km → 2.06 m<sup>3</sup>k, entonces el costo de transportar material de subbase D>1 km para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 2.74
- Base granular E=0.15m: S/. 28.11 / m<sup>3</sup>, si 1m<sup>2</sup> de subbase granular (considerándolo similar a la colocación de material de base) de 3" = 0.0762 m<sup>3</sup> → 0.0762 m<sup>3</sup>, entonces el costo de colocar material de subbase granular para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 2.14

El costo unitario total de colocar la combinación (b) es: S/. 31.07

*(c) Carpeta de rodadura: mezcla asfáltica, base granular tratada con emulsión asfáltica:*

Tras revisión de las características de materiales de cantera solicitadas en la norma EG-2000 [8] (ver anexo 11), la cantera indicada para la provisión de material de agregado para tratamiento superficial bicapa (TSB) y material de base para la mezcla con emulsión asfáltica (según indicación dada por Alfonso Montejo Fonseca [10], tabla 7.41) en es la cantera Rumichaca I (km. 136+200) es decir, una distancia a la progresiva promedio para el tramo en estudio de

28.05 km [20], y una cantidad total de 17 kg/m<sup>2</sup> de agregado para el TSB. La emulsión asfáltica para el TSB será de tipo catiónica de rotura rápida del tipo CRS-2 (según recomendación de la norma EG-2000 (MTC), capítulo 4, sección 405-2, (b) [8]), mientras que la emulsión asfáltica para la base de mezcla con emulsión asfáltica es de tipo aniónica o catiónica de rompimiento lento (según indicación dada por Alfonso Montejó Fonseca [10], tabla 7.41). Considerando su ubicación se ha estimado un costo por m<sup>2</sup> de TSB y base de mezcla con emulsión asfáltica de espesor de 4", tomando como referencia los precios unitarios indicados por Cesar Herrera López [14] y PROVIAS NACIONAL [15]:

- Transporte de mezcla asfáltica hasta 1 km: S/. 8.89 / m<sup>3</sup>k, si 1m<sup>2</sup> de mezcla con emulsión asfáltica de 4" = 0.1 m<sup>3</sup> y la distancia a recorrer son 1 km → 0.1 m<sup>3</sup>k, entonces el costo de transportar la mezcla con emulsión asfáltica hasta 1 km para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 0.889
- Transporte de mezcla asfáltica D > 1 km: S/. 1.23 / m<sup>3</sup>k, si 1m<sup>2</sup> de mezcla con emulsión asfáltica de 4" = 0.1 m<sup>3</sup> y la distancia a recorrer son 28.05 – 1 = 27.05 km → 2.71 m<sup>3</sup>k, entonces el costo de transportar la mezcla con emulsión asfáltica D>1 km para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 3.33
- Base estabilizada con emulsión asfáltica: S/. 207.52 / m<sup>3</sup>, si 1m<sup>2</sup> de mezcla con emulsión asfáltica de 4" = 0.1 m<sup>3</sup> → 0.1 m<sup>3</sup>, entonces el costo de colocar mezcla asfáltica para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 20.75. Estos precios de acuerdo a:

### Cuadro N° A.10: Precio unitario estimado para Base estabilizada con emulsión asfáltica

Partida	EMULSION ASFALTICA DE ROTURA RAPIDA CRS-2				
Rendimiento	GLN/DIA			Costo unitario directo por	5.64
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
	Materiales				Parcial S/.
	EMULSION ASFALTICA CATIONICA CRS-2	gln		1	5.64
					5.64

Fuente: PROVIAS NACIONAL [15]

#### BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

ESTUDIO DE MANTENIMIENTO PERIODICO DE LA PANAMERICA SUR TRAMO  
PTE. STA ROSA - PTE MONTALVO KM 1041.60 - KM 1139.795

			F.Unit	Metrado	Parcial
1.0.0	Base estabilizada	m3	67.47	1	67.47
2.0.0	Emulsión asfáltica de rompimiento lento CSS-1h	gl	8.19	17.10	140.05
					207.52

Fuente: Elaboración propia

- Transporte de material granular hasta 1 km: S/. 3.28 / m3k, si 1m2 de gravilla para tratamiento superficial bicapa de 2" = 0.05 m3 y la distancia a recorrer son 1 km → 0.05 m3k, entonces el costo de transportar gravilla para tratamiento superficial bicapa hasta 1 km para 1 m2 es: S/. 0.164
- Transporte de material granular D > 1 km: S/. 1.33 / m3k, si 1m2 de gravilla para tratamiento superficial bicapa de 2" = 0.05 m3 y la distancia a recorrer son 28.05 – 1 = 27.05 km → 1.35 m3k, entonces el costo de transportar material de subbase D>1 km para 1 m2 es: S/. 1.80
- Emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2: S/. 5.64 / gl, si 1m2 de tratamiento superficial bicapa consta de 2 capas, según EG-2000, tabla N° 405-4 [8], la primera capa contiene 1.9 L/m2 y la segunda capa contiene 1.1 L/m2 → 3.15 L/m2 = 0.83 gl/m2 en total para las 2 capas (con un 5% de desperdicio), entonces el costo de la emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2 para 1 m2 es: S/. 4.68



- Tratamiento superficial bicapa (TSB): S/. 3.42 / m<sup>3</sup> por capa, si 1m<sup>2</sup> de tratamiento superficial bicapa consta de 2 capas → 2 m<sup>2</sup>, entonces el costo de colocar tratamiento superficial bicapa (TSB) para 1 m<sup>2</sup> es: S/. 6.84. Estos precios de acuerdo a:

**Cuadro N° A.11: Precio unitario estimado para Tratamiento Superficial Bicapa**

Partida		TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA					
Rendimiento	2000.00 m2/DIA				Costo unitario directo por : m <sup>2</sup>	3.42	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
147010002	OFICIAL	hh	1	0.0040	11.58	0.05	
147010004	PEON	hh	6	0.0240	10.47	0.25	
147010031	CAPATA_ZA	hh	0.75	0.0030	16.89	0.05	
<b>Equipos</b>							
337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5	0.35	0.02	
349020011	COMPRESORA NEUMATICA 87HP 250-330 PCM	hm	0.5	0.0020	70.41	0.14	
349060010	RODILLO NEUMATICO AUTOP 81-100HP 5.5-20T	hm	1	0.0040	67.04	0.27	
	RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 58-70HP 8-10T	hm	1	0.0040	49.74	0.20	
	TRACTOR DE TIRO DE 80 HP	hm	0.5	0.0020	56.93	0.11	
	CAMION IMPRIMIDOR 6x2 178-210 HP 1.800 G	hm	1	0.0040	140.03	0.55	
	ESPARCIDORA DE AGREGADOS	hm	1	0.0040	150	0.60	
						1.90	
<b>Insumos Partida</b>							
	GRAVILLA P/TRAT.SUPERFICIAL	m <sup>3</sup>		0.026	44.92	1.17	
						1.17	

Fuente: Herrera López, Cesar [14], PROVIAS NACIONAL [15]

El costo unitario total de colocar la combinación (c) es: S/. 38.45

**Anexo 10: Características del proyecto propuesto para el tramo de estudio:**

Cuadro N° A.12: Características de diseño

<b>CLASIFICACIÓN</b>	RED VIAL SECUNDARIA
<b>CATEGORÍA</b>	3 <sup>ERA</sup> CLASE
<b>LONGITUD DE MEJORAMIENTO</b>	0.30 Km.
<b>NUMERO DE CARRILES</b>	02 CARRILES
<b>CARPETA ASFALTICA</b>	3.0"
<b>VELOCIDAD DIRECTRIZ</b>	40 Km / Hr.
<b>VELOCIDAD MÁXIMA</b>	50 Km / Hr.
<b>RADIO MÍNIMO NORMAL</b>	41 m.
<b>PERALTE MÁXIMO</b>	8%
<b>ANCHO MÍNIMO DE CALZADA</b>	5.50 m
<b>ANCHO DE DISEÑO DE CALZADA</b>	6.00 m
<b>DERECHO DE VÍA</b>	16 m (8 m A CADA LADO)
<b>ANCHO DE BERMA MÍNIMO</b>	0.50 m
<b>BOMBEO</b>	2%
<b>PENDIENTE MÁXIMA</b>	9% (10% - 1% , 3,000 m.s.n.m
<b>CBR MÍNIMO (BASE)</b>	100%
<b>OBRAS DE ARTE</b>	ALCANTARILLAS, CUNETAS, MURO CONTENCIÓN.
<b>ALCANTARILLAS</b>	01 UND , TMC 36"
<b>CUNETAS</b>	300 ml, Triangular 0.30 x 0.90
<b>MURO DE CONTENCIÓN</b>	10 ml, Enrocado.
<b>SEÑALIZACIÓN VERTICAL</b>	04 ida \ 04 vuelta
<b>SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL</b>	PINTURA C/MICROESFERAS

*Fuente: Elaboración Propia.*

### **Anexo 11: Características de la cantera RUMICHACA I:**

De acuerdo al estudio efectuado por la Asociación Ayesa - Alpha Consult S.A. [20], esta cantera se encuentra en la progresiva 136+200, lado izquierdo. El material de ésta cantera es granular, con partículas angulosas a subangulosas, con escasa cantidad de finos –menor de la malla # 200-, con clasificación GP, GC, GW-GC, SW-SC (SUCS) ó A-1a (0), A-2-4 (0) (AASHTO). La potencia de la zona estudiada es de aproximadamente 105,000 m<sup>3</sup>, con 90% de rendimiento. La ubicación de las canteras y fuentes de agua estudiadas por la Asociación Ayesa - Alpha Consult S.A. [20] se muestran en los planos: Plano 02 y Plano 03.

Los resultados de los ensayos y medidas ejecutados para el estudio de las canteras y fuentes de agua son:

Figura N° A. 17: Análisis físico de la cantera RUMICHACA I:

ASOC. AYESA - ALPHA CONSULT S.A.

PROYECTO : REDES VIALES NACIONALES N°5 Y N°6 DE PROMCEPRI  
Red Vial N° 6 - Mejoramiento Pavimentación y Conservación de la Carretera Lunahuana - Huancayo  
TRAMO : Km. 42 + 480 al Km. 260 + 300.8

ANALISIS DE CANTERAS  
CUADRO N° 5 : RESUMEN DE ENSAYOS DE RAZON DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

CANTERA	PROGRESIVA (Km)	CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	ANALISIS GRANULOMETRICO % QUE PASA				LIMITES DE ATTERBERG %			CLASIFICACION DE SUELOS		PROCTOR MODIFICADO		C.B.R. para 0.1"		EXPANSION Mód
					N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	L.L.	L.P.	I.P.	SUCS	AASHTO	M.D.S. (gr/cm <sup>3</sup> )	O.C.H. (%)	35% de la M.D.S	100% de la M.D.S	
ESPUY	88 - 500	CE - 4	M - 1	0.00 - 2.00	52.8	47.5	36.4	26.2	24.0	15.6	8.4	GC	A-2-4(0)	2.240	8.8	42	37	0.9
ESPUY	88 - 500	CE - 2	M - 1	0.00 - 2.00	49.3	37.3	24.3	13.8	20.5	14.1	8.4	GC - GM	A-2-4 (0)	2.152	11.0	18	44	0.0
CUNCUBAY I	102 - 500	CU - 3	M - 2	0.20 - 2.00	51.8	54.8	42.0	26.7	20.5	17.9	2.6	GM	A-2-4 (0)	2.189	8.1	21	31	0.0
TAUMATA	115 - 200	CT - 3	M - 2	1.00 - 2.00	81.1	82.8	33.5	13.3	---	NP	HP	SM	A-1b (0)	2.154	8.8	42	70	0.0
RUMICHACA I	136 - 200	CR - 8	M - 2	0.90 - 2.00	42.9	31.2	18.4	6.4	23.2	15.5	7.7	GW - GC	A-2-4 (0)	2.223	7.8	54	69	0.0
RUMICHACA I	136 - 200	CR - 5	M - 1	0.00 - 1.50	39.8	24.8	9.3	4.1	25.8	NP	HP	GW	A-1a (0)	2.248	7.2	58	90	0.0
SHICUY	207 - 000	CSH - 1	M - 2	0.20 - 2.00	69.3	63.8	54.7	22.9	---	NP	HP	SM	A-2-4 (0)	2.108	8.7	49	81	0.0
HUAMIN LOMA	224 - 000	CHL - 4	M - 2	0.70 - 2.50	46.6	39.8	28.8	17.5	40.8	19.1	21.7	GC	A-2-7 (0)	2.052	9.3	18	24	1.6
SAN BLAS	234 - 500	CSB - 2	M - 2	0.20 - 2.00	51.4	39.0	22.5	10.3	NT	NP	HP	GW-GM	A-1-a(0)	2.172	8.5	65	92	0.0
MALAPAMPA	248 - 500	CMP - 2	M - 1	0.00 - 1.50	55.1	49.7	40.3	27.4	31.1	18.0	12.1	GC	A-2-8 (0)	2.208	7.1	14	58	0.1
CHUPACA	250 - 800	CHU - 3	M - 3	0.40 - 2.20	50.6	42.0	24.3	9.9	24.1	16.49	7.81	GP - GC	A-2-4 (0)	2.260	7.2	42	70	0.0

Fuente: Asoc. AYESA – Alpha Consult S.A. [20]

Figura N° A. 18: Análisis químicos de la cantera RUMICHACA I y fuentes de agua disponibles:

ASOC. AYESA - ALPHA CONSULT S.A.

PROYECTO : REDES VIALES NACIONALES N°5 Y N°6 DE PROMCEPRI  
Red Vial N° 6: Mejoramiento, Pavimentación y Conservación de la Carretera Lunahuana - Huancayo  
TRAMO : Km. 0 + 000 al Km. (Diseño)

CUADRO N° 6 : RESUMEN DE ENSAYOS ESPECIALES DE CANTERAS

CANTERA	PROGRESIVA (Km)	CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	EQUIVALENTE DE ARENA (%)	ABRASION (%)	DURABILIDAD (%)		ADHERENCIA (A. Grueso)	ADHESIVIDAD (A. Fino)
							A. Grueso	A. Fino		
TAUMATA	115 - 200	CT - 1	M - 2	1.00 - 2.20	57.8	15.8	2.05	2.20		
RUMICHACA I	135 - 200	CR - 2	M - 1	0.00 - 1.50	75.1	10.0	3.00	1.50		
SHICUY	207 - 000	CSH - 1	M - 2	0.30 - 3.00	18.4	30.0	7.80	3.80		

Asfalto PEN 60/70 (\*), Asfalto PEN 85/100 (\*\*), Asfalto PEN 120/150 (\*\*\*)

CUADRO N° 7 : RESUMEN DE ENSAYOS QUIMICOS DE CANTERAS

CANTERA	PROGRESIVA (Km)	CALICATA	MUESTRA	PROF. (m)	CL (ppm)	SO4 (ppm)	S.S.T. (ppm)
CUNCUBAY I	102 - 500	CU - 1	M - 1	0.00 - 3.00	54.79	59.37	312.09
TAUMATA	115 - 200	CT - 1	M - 1	0.00 - 1.00	801.75	342.93	3,355.80
RUMICHACA I	135 - 200	CR - 2	M - 1	0.00 - 1.50	76.88	325.40	1,628.71
SHICUY	207 - 000	CSH - 1	M - 2	0.30 - 3.00	16.79	37.90	149.91

CUADRO N° 8 : RESUMEN DE ENSAYOS QUIMICOS DE FUENTES DE AGUA

FUENTE DE AGUA	LOCALIZACION	PROGRESIVA (Km)	PH	CL (ppm)	SO4 (ppm)	S.S.T. (ppm)	M. O. (%)
RIO CUNAS		6 - 000(*)	7.90	21.28	96.08	380.00	0.10
RIO CUNAS	Chupaca	14 - 000(*)	7.10	28.37	96.08	420.00	0.00
RIO CAÑETE	Pte Capellana	46 - 500	7.40	49.64	24.02	360.20	0.02
RIO CAÑETE	San Jeronimo	74 - 000	7.00	49.64	14.41	390.10	0.00
RIO ALIS	Alis	177 - 000	7.22	35.46	48.03	510.00	0.00

(\*) Progresiva a partir del Puente sobre el río Mantarc hacia Lunahuana

Fuente: Asoc. AYESA - Alpha Consult S.A. [20]

**Anexo 12: Proyección de tránsito (demanda) para el tramo de estudio:**

- Proyección de tránsito: Los estudios de tráfico efectuados por la Dirección de Desarrollo Vial en marzo de 2005 para la carretera Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Chupaca [7], presentan como datos iniciales:

Ubicación: en estaciones ubicadas consideradas según tramos ya definidos en el estudio de la carretera Lunahuaná – Pacarán – Zúñiga – Dv. Yauyos – Chupaca.

Datos y encuestas efectuadas: la Dirección de Desarrollo Vial ha realizado los Conteos de Tráfico, Encuestas de Origen – Destino y Pesos por Ejes para las estaciones designadas.

Resultado del estudio de tráfico: IMD del tramo Yauyos-Roncha (61+900 al Km. 269+630): Se ubicó la estación de control E-3, ubicado en a la entrada de Tomás, con los resultados:

Cuadro N° A.13: IMD del tramo DV. Yauyos – Roncha (2005)

TIPO DE VEHICULO	IMD	DISTRIB. %
Autos	6	28.57
Camionetas	9	42.86
Camioneta Rural	1	4.76
Micro	0	0.00
Omnibus 2E	2	9.52
Omnibus 3E	0	0.00
Camión 2E	2	9.52
Camión 3E/4E	1	4.76
Articulados	0	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

*Fuente: Dirección de desarrollo vial – 2005 [7]*

*Proyección de tráfico con incrementos de tráfico: tráfico generado y tráfico desviado al 2009:*

\*) Proyección del Tráfico Normal: con indicadores macro-económicos que estableció el Ministerio de Economía y Finanzas. Se establece como tasa de crecimiento del tráfico normal: 1.4% para tráfico ligero y 3.8% para el tráfico pesado, válidos hasta el 2026

\*) Tráfico Desviado: se puede asumir que se producirá un tráfico desviado de vehículos que actualmente circulan por la ruta alterna a través de la Carretera La Oroya - Huancayo (Ruta Nac. 3S). De la Encuesta Origen Destino realizada en la estación "Quiulla" en la Carretera Longitudinal de la Sierra Sur, tramo La Oroya - Huancayo, se obtuvo los siguientes datos:

Cuadro N° A.14: Encuesta origen – Destino del N° de vehículos que actualmente hacen uso de la carretera Huancayo – La Oroya – Lima y viceversa (2005)

Tipo de Vehículos	Tráfico Desviado IMD Vehículos	
Autos	0	0.00
Camionetas	0	0.00
Camioneta Rural	0	0.00
Micro	0	0.00
Omnibus 2E	1	9.09
Omnibus 3E	0	0.00
Camión 2E	0	0.00
Camión 3E	0	0.00
2S2	1	9.09
2S3	1	9.09
3S3	8	72.73
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Dirección de desarrollo vial – 2005 [7]

\*) Tráfico generado: Se considera como tráfico generado un 15% y 10% respectivamente (para vehículos ligeros y vehículos de carga) con respecto al tráfico normal, asumidos considerando el promedio de los resultados de evaluación ex - post efectuada en carreteras donde se ejecutaron proyectos de rehabilitación y mejoramiento a nivel de asfaltado.

\*) Tráfico TOTAL: IMD proyectado para 2009: es la suma y proyección del tráfico normal, desviado y generado para el tramo Dv. Yauyos – Roncha (que incluye al tramo de estudio):

Cuadro N° A.15: Proyecciones de tráfico - tramo 4: Dv. Yauyos - Dv. Roncha

Carretera: CAÑETE - LUNAHUANA - PACARAN - ZUÑIGA - DV. YAUYO  
Tramo: Dv. Yauyos - Dv. Roncha  
Estación: E - 4 Tomás

TIPO	Año	2005	2006		2007	2008	2009
TIPO	Tasa	T. Total		Tasa	Tráfico Total		
Auto	1.014	6	6	1.014	7	7	7
Pick up	1.014	9	9	1.014	11	11	11
Panel	1.014	0	0	1.014	0	0	0
Camioneta Rural	1.014	1	1	1.014	1	1	1
Microbus	1.014	0	0	1.014	0	0	0
Bus 2E	1.014	2	2	1.014	2	2	2
Bus 3E	1.014	0	0	1.014	1	1	1
Camión 2E L	1.038	2	2	1.038	2	2	3
Camión 2E P	1.038	0	0	1.038	0	0	0
Camión 3E	1.038	1	1	1.038	1	1	1
Camión 4E	1.038	0	0	1.038	0	0	0
2S2	1.038	0	0	1.038	1	1	1
2S3	1.038	0	0	1.038	1	1	1
3S2	1.038	0	0	1.038	0	0	0
3S3	1.038	0	0	1.038	8	8	9
2T3	1.038	0	0	1.038	0	0	0
3T3	1.038	0	0	1.038	0	0	0
<b>Total</b>		<b>21</b>	<b>21</b>		<b>36</b>	<b>37</b>	<b>37</b>

Fuente: Dirección de desarrollo vial – 2005 [7]

- Tránsito (demanda): La representación del tránsito viene dado por el número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes (8.2 tn.) hasta alcanzar el periodo de diseño, además de tener la consideración del carril de diseño que vienen a ser los factores de distribución direccional y el de distribución de carril al número de ejes equivalentes. La ecuación que define el tráfico en el carril de diseño es:

Ec.A.01: Ecuación de definición de tránsito

$$W_{18} = Dd * D_i * w_{18}$$

Fuente: Ing. Melchor Areche, José; Notas de clase Pavimentos [24]

Donde:

$W_{18}$ : Ejes equivalentes sencillos en el carril de diseño



$w_{18}$ : Ejes equivalentes sencillos acumulados en ambas direcciones

Dd: Factor de distribución direccional. AASHTO recomienda 50 % para la mayoría de carreteras pudiendo variar de 0.3 a 0.7

$D_i$ : Factor de distribución de carril, toma en cuenta la distribución del tráfico, cuando existen más de dos carriles en un mismo sentido. AASHTO recomienda para 1 carril el valor de 1.

El valor de  $w_{18}$  es obtenido mediante la sumatoria:

Ec.A.02: Sumatoria de ejes equivalentes para el período de diseño

$$w_{18} = 365 \times \sum [IMD \times FC \times FP_{LL} \times \{((1+t)^n - 1) / t\}]$$

*Fuente: Ing. Melchor Areche, José; Notas de clase Pavimentos [24]*

Donde:

365 = Número de días del año

t = Tasa de proyección del tráfico, en centésimas

$FP_{LL}$  = Factor de presión de llantas, según censo y presión de contacto (90% de la presión de inflado)

FC = factor camión, según censo de vehículos, y peso por eje

IMD = índice medio diario por tipo de vehículo, proyectado desde el 2007

n = período de diseño = 10 años

El resultado de la evaluación de tránsito es:

Cuadro N° A.16: Ejes equivalentes sencillos ( $W_{18}$ )

Tipo de vehiculo	Tasa crecimiento $r$	IMD a 2009	Factor carril	FD x FPLL		$\frac{(1+r)^n-1}{r}$ 2009 10	$W_{18}$ N° de repeticiones 2009 - 2019
Veh. Livianos		19					
Bus 2E	1.40%	2	0.5	1.39549	365	10.7	5,427
Bus 3E	1.40%	1	0.5	2.55991	365	10.7	4,977
Camión 2E	3.80%	3	0.5	0.24212	365	11.9	1,577
Camión 3E	3.80%	1	0.5	0.70688	365	11.9	1,535
2S2	3.80%	1	0.5	3.99398	365	11.9	8,671
2S3	3.80%	1	0.5	6.33429	365	11.9	13,751
3S3	3.80%	9	0.5	2.58673	365	11.9	50,540
<b>Total</b>		<b>37</b>					<b>86,477</b>

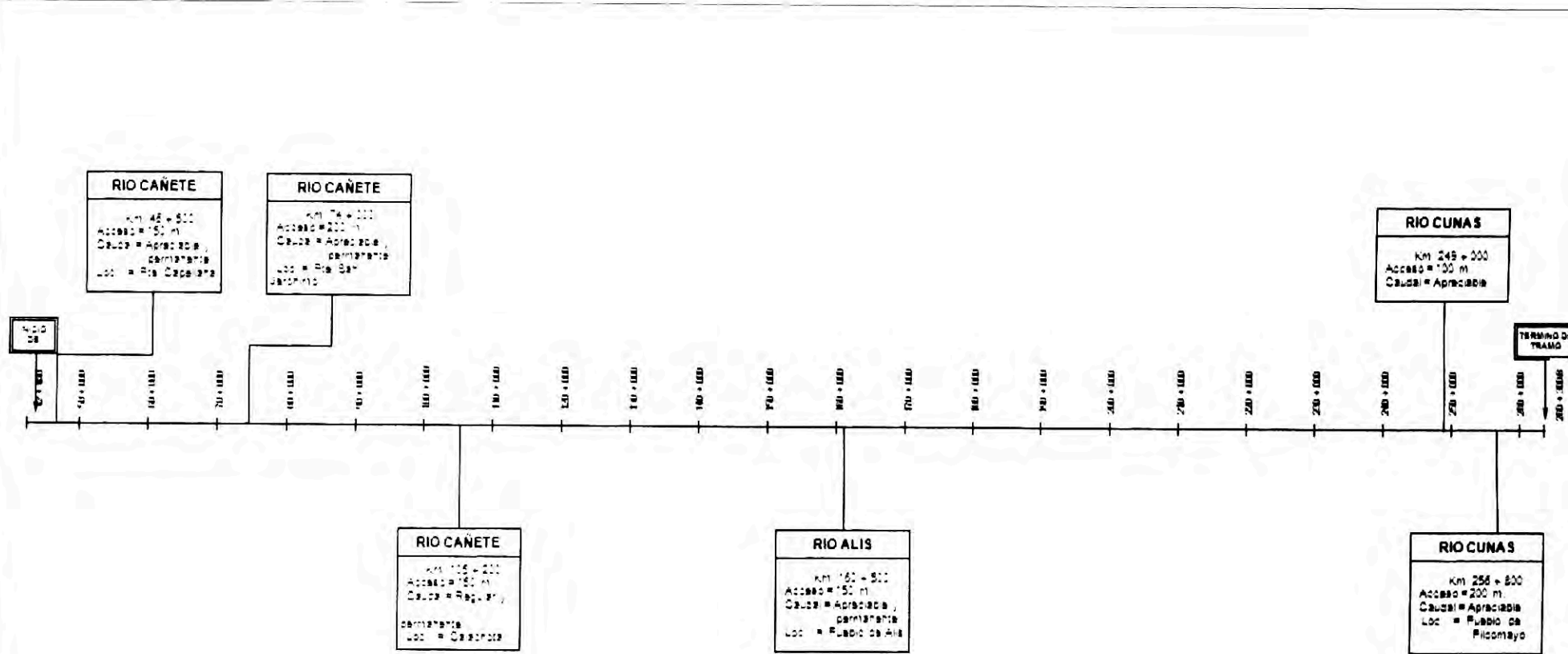
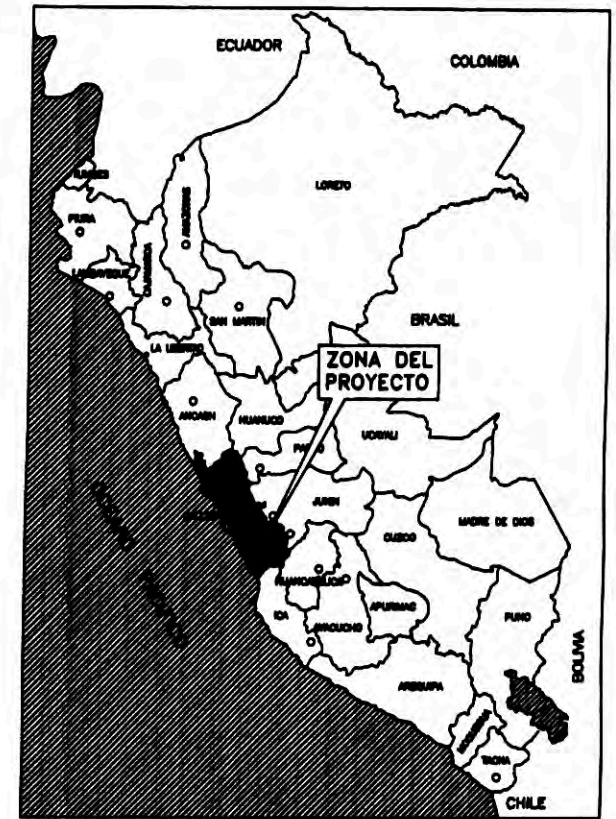
Fuente: Elaboración propia.

EL valor de ejes acumulados proyectados para el tramo en estudio es:

$W_{18} = 86,477$  ejes equivalentes

# PLANOS





**NOTAS :**

1.- Fuente: Asociación AYESA - Alpha Consult S.A. [20]

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO

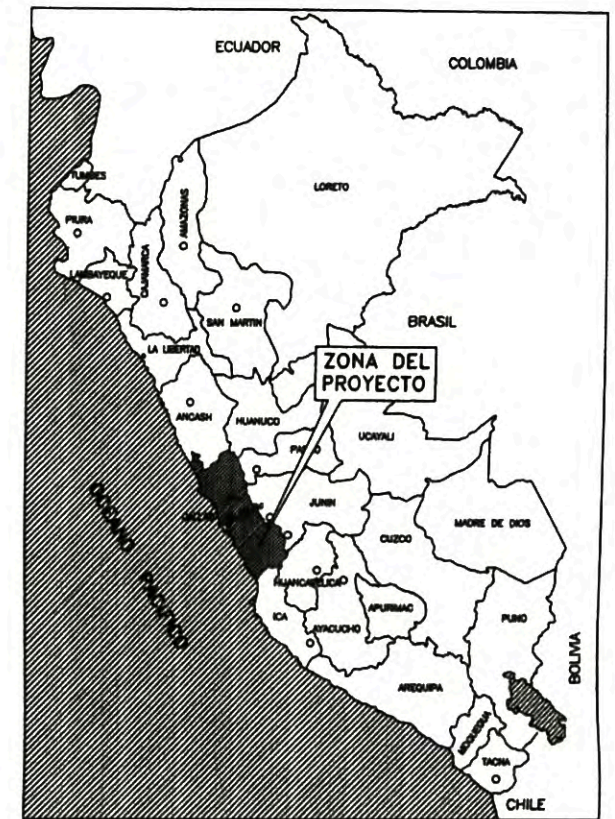
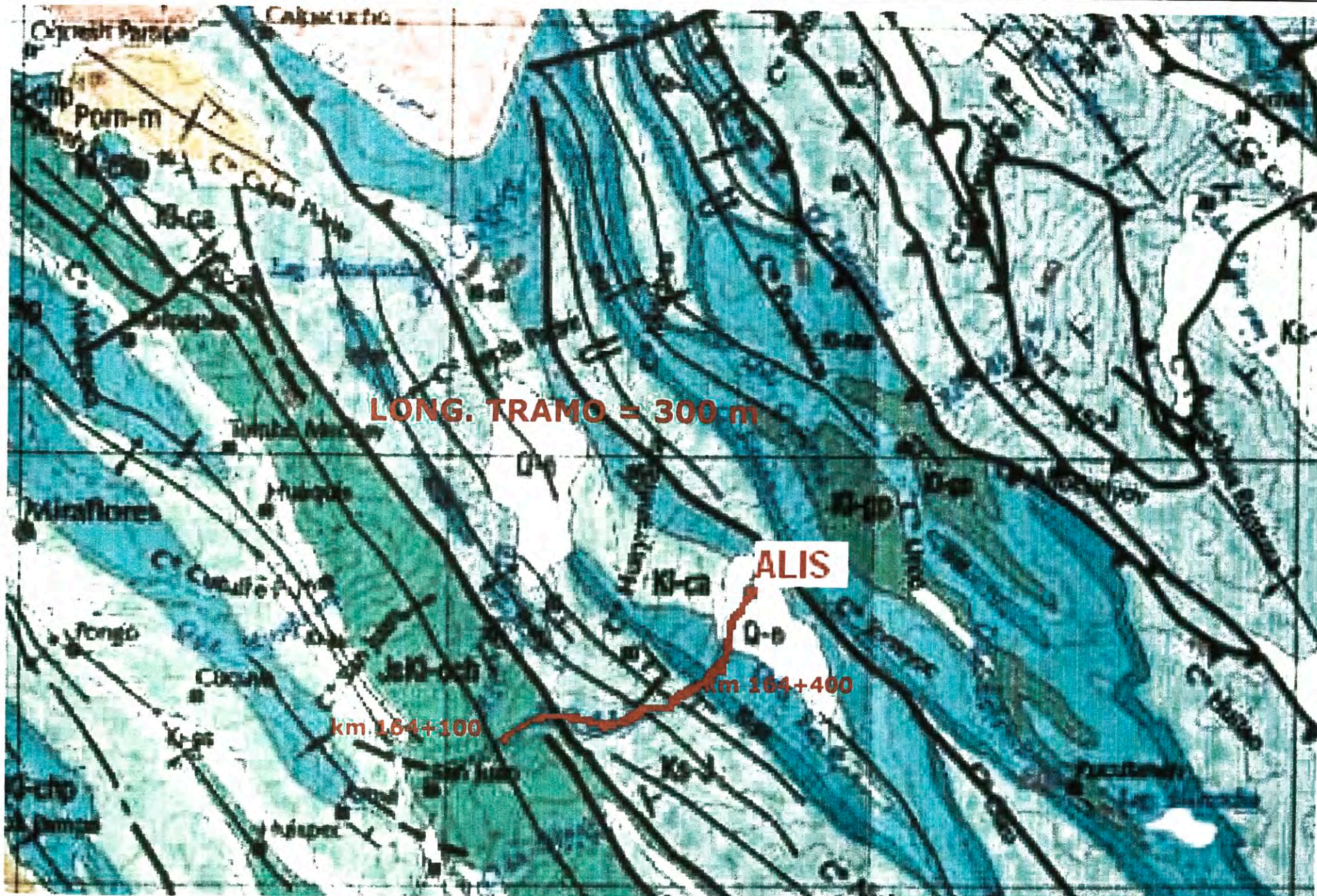


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

PROYECTO:  
**AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO  
DEL KM 164+100 AL 164+400 - DISEÑO DE PAVIMENTOS**

**PAVIMENTOS**

TITULO: <b>AREA DE CUENCA DE TRAMO</b>			PLANO N°: <b>PLANO_03</b>
ELABORO : M.F.G.	REVISO : L.D.D.	ESCALA : S/E	REV. : <b>0</b>
DIBUJÓ : M.F.G.	APROBO : FIC-UNI	FECHA : JUNIO 2009	



**NOTAS :**

1.- Fuente: INGENMET, Mapa geológico del cuadrángulo de Yauyos (25-I) [6]

**LEYENDA**

FAJES	SISTEMA	SERIE	LINEAS LITESTRATIGRAFICAS	AREAS INTRUSIVAS	
CROMATICA	GLACIARNA	Q-1	0-1	0-1	0-1
		Q-2	0-2	0-2	0-2
	NEOGEN	1-1	1-1	1-1	1-1
		1-2	1-2	1-2	1-2
	PLEISTOCENO	2-1	2-1	2-1	2-1
		2-2	2-2	2-2	2-2
		2-3	2-3	2-3	2-3
		2-4	2-4	2-4	2-4
	CUATERNARIO	3-1	3-1	3-1	3-1
		3-2	3-2	3-2	3-2
3-3		3-3	3-3	3-3	
3-4		3-4	3-4	3-4	
MESOZOICA	4-1	4-1	4-1	4-1	
	4-2	4-2	4-2	4-2	
	4-3	4-3	4-3	4-3	
	4-4	4-4	4-4	4-4	
PALEOZOICA	5-1	5-1	5-1	5-1	
	5-2	5-2	5-2	5-2	
	5-3	5-3	5-3	5-3	
	5-4	5-4	5-4	5-4	
PRASICOZOICA	6-1	6-1	6-1	6-1	
	6-2	6-2	6-2	6-2	
	6-3	6-3	6-3	6-3	
	6-4	6-4	6-4	6-4	

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBO

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

PROYECTO:  
AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - HUANCAYO  
DEL KM 164+100 AL 164+400 - DISEÑO DE PAVIMENTOS

**PAVIMENTOS**

TITULO: <b>AREA DE ESTUDIO DENTRO DE MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRÁNGULO DE YAUYOS (25-I)</b>	PLANO N°: <b>PLANO_01</b>
---	------------------------------

ELABORO : M.F.G.	REVISO : L.D.D.	ESCALA : S/E	REV. :  0
DIBUJO : M.F.G.	APROBO : FIC-UNI	FECHA : JUNIO 2009	