

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO  
UTILIZANDO SOBRECAPAS DE REFUERZO EN LA AVENIDA TODOS LOS  
SANTOS DE LA CIUDAD DE CHOTA.**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bachiller:**

**YONEL NÚÑEZ GUEVARA**

**Asesor:**

**ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta éstas instancia tan importante de mi formación profesional. A mi madre y a mi padre, por brindarme el apoyo incondicional a lo largo de mi vida universitaria a mis hermanos y mi enamorada quienes me impulsaros a luchar por mis metas, pasando obstáculos tras obstáculos con entusiasmo, perseverancia y constancia. A toda mi familia que me brindó su apoyo en todo momento, que con sus buenos deseos y ayuda mutua logre cumplir una meta más en la vida.

**Yonel Núñez Guevara**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todopoderoso

Quien me ilumino en todo momento y me dio salud y fortaleza para culminar con una meta más, propuesta en el horizonte de mi vida.

A toda mi familia

Quien me brindó su apoyo en todo momento con sus buenos deseos y ayuda mutua logre cumplir una meta más en la vida

A mi asesor

Quien me brindó muchos consejos para el desarrollo de la investigación y se preocupó constantemente por el desarrollo de esta investigación.

A todos los profesionales y compañeros quienes de una u otra forma me brindaron su apoyo incondicional para la culminación de esta Investigación.

**Yonel Núñez Guevara**

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO.....	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.i
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.i
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....	¡Error! Marcador no definido.
1.1.Planteamiento del problema.....	3
1.2.Formulación del problema .....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.Justificación de la investigación.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4.Alcances y delimitaciones de la investigación.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5.Limitaciones .....	¡Error! Marcador no definido.
1.6.Objetivos .....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.Hipótesis.....	¡Error! Marcador no definido.
1.8.Definición de variables.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	6
2.1.ANTECEDENTES TEÓRICOS: .....	6
2.1.1.Internacionales .....	6
2.1.2.Nacionales .....	6
2.1.3.Regionales .....	7
2.1.4.Locales.....	7
2.2.BASES TEÓRICAS .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1.Pavimentos .....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.2.Clasificación de una vía urbana.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3.Definición de falla.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2.3.Métodos de investigación.....	12
2.2.5.Fallas comunes en pavimentos Rígidos.....	¡Error! Marcador no definido.3
2.2.6.Métodos para la evaluación de pavimento .....	¡Error! Marcador no definido.5
2.2.7.Método PCI (Pavement Condition Index).....	¡Error! Marcador no definido.5
2.2.8.Procedimiento de evaluación de la condición de pavimento. ¡Error! Marcador no definido.7	

2.2.9.Cálculo del PCI para Pavimentos con Superficie de Concreto de Concreto Pórtland ....	<b>¡Error! Marcador no definido.1</b>
2.2.10.Cálculo del PCI de una Sección de Pavimento .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.11.Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.3</b>
2.2.12.Metodología VIZIR.....	<b>¡Error! Marcador no definido.4</b>
2.2.13.Solución de mantenimiento.....	<b>¡Error! Marcador no definido.4</b>
2.2.14.Determinación del índice superficial (Is) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.5</b>
2.2.15.Juicio sobre la capacidad del pavimento .....	<b>¡Error! Marcador no definido.6</b>
1.2.16. Diseño de sobrecapas de refuerzo.....	37
2.2.17.Principales consideraciones para diseñar sobrecapas de refuerzo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.7</b>
2.2.18.Factores básicos para el estudio de refuerzos.....	39
2.2.19.Estudios preliminares .....	<b>¡Error! Marcador no definido.0</b>
2.2.20.Factores de dimensionamiento de una rehabilitación estructural.....	<b>¡Error! Marcador no definido.0</b>
2.2.21. Refuerzos flexibles.....	<b>¡Error! Marcador no definido.5</b>
2.2.22.Refuerzo sobre pavimentos de concreto previamente fracturados.....	47
2.2.23.Procedimiento constructivo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.3</b>
2.2.24.Diseño de pavimento rígido .....	<b>¡Error! Marcador no definido.5</b>
2.2.25.Variables de diseño .....	59
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.2</b>
3.1.LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	<b>¡Error! Marcador no definido.2</b>
3.1.1.Ubicación política.....	72
3.1.2.Ubicación Geográfica.....	<b>¡Error! Marcador no definido.4</b>
3.2.POBLACIÓN Y MUESTRA.....	74
3.3.Evaluación Superficial de la Avenida Todos los Santos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.4</b>
3.4.Cálculo del PCI de las unidades de muestra.....	7 <b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.5 Cálculo del “Is” (Método VIZIR) de las unidades de muestra	<b>¡Error! Marcador no definido.3</b>
3.6 DISEÑO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO (REFUERZO SOBRE PAVIMENTOS DE CONCRETO PREVIAMENTE FRACTURADOS).....	103
3.6.1. Aforo vehicular.....	103
3.6.2.Cuadro de resumen de conteo vehicular.....	<b>¡Error! Marcador no definido.1</b>
3.6.3.Cálculo del IMDa.....	<b>¡Error! Marcador no definido.3</b>

3.6.4.Cálculo del número de ESALs .....	<b>¡Error! Marcador no definido.3</b>
3.6.5.Determinación del número estructural requerido para el tránsito futuro (SNf). .....	<b>¡Error! Marcador no definido.3</b>
3.6.6.Determinación del número estructural efectivo del pavimento existente (SNef).....	116
3.6.7.Determinación del coeficiente estructural para el refuerzo de concreto asfáltico (a <sub>ol</sub> ) para un módulo de elasticidad 450000.00.....	<b>¡Error! Marcador no definido.18</b>
3.6.8.Determinación del espesor de refuerzo .....	118
3.7.Diseño de pavimento de concreto hidráulico .....	119
3.8.DISEÑO DE CUNETAS.....	124
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS .....	129
4.1.DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS .....	129
4.2.ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	132
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	134
5.1.CONCLUSIONES .....	134
5.2.RECOMENDACIONES .....	135
Referencias bibliográficas .....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Se muestra las condiciones de escala del pavimento .....	¡Error! Marcador no definido.7
Tabla 02 Ejemplo del criterio de muestreo para una red, usada por algunas agencias .....	¡Error! Marcador no definido.0
Tabla 03 Ejemplo del criterio de muestreo para una red, basada en la ecuación N°1.....	¡Error! Marcador no definido.0
Tabla 04: Correlación de categoría de acción con un rango de PCI .	¡Error! Marcador no definido.4
Tabla 05: Rango de calificación Metodología Vizir .....	¡Error! Marcador no definido.6
Tabla 06 Factor de crecimiento (FCR).....	¡Error! Marcador no definido.1
Tabla 07 Factores de equivalencia de carga para pavimentos rígidos	¡Error! Marcador no definido.2
Tabla 08 Espesores de refuerzos de concreto asfáltico (cm).....	¡Error! Marcador no definido.6
Tabla 09 Valores sugeridos para coeficientes estructurales para losas fracturadas.	¡Error! Marcador no definido.1
Tabla 10 Coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles.....	¡Error! Marcador no definido.2
Tabla 11 Períodos de análisis .....	59
Tabla 12 Valores para la desviación estándar .....	¡Error! Marcador no definido.1
Tabla 13 Niveles de Confiabilidad.....	¡Error! Marcador no definido.1
Tabla 14 Índice de serviciabilidad final .....	¡Error! Marcador no definido.3
Tabla 15 Valores recomendados del coeficiente de drenaje (Cd) para el diseño .....	68
Tabla 16 Coeficiente de transferencia de carga (J) .....	¡Error! Marcador no definido.0
Tabla 17 Valores de LS.....	¡Error! Marcador no definido.1
Tabla N° 18 sistema de coordenadas geográficas .....	¡Error! Marcador no definido.4
Tabla N° 19 Sistema de coordenadas UTM .....	¡Error! Marcador no definido.4
Tabla N° 20 Muestra 01: progresiva (0+000 – 0+160) .....	7¡Error! Marcador no definido.
Tabla N° 21 Muestra 03 progresiva (0+120 – 0+160) .....	79
Tabla N° 22 Muestra 05 progresiva (0+200 – 0+240) .....	¡Error! Marcador no definido.0
Tabla N° 23 Muestra 07 progresiva (0+280 – 0+320) .....	¡Error! Marcador no definido.1
Tabla N° 24 Muestra 09 progresiva (0+360 – 0+400) .....	¡Error! Marcador no definido.2
Tabla N° 25 Muestra 11 progresiva (0+440 – 0+480) .....	¡Error! Marcador no definido.3

Tabla N° 26 Muestra 13 progresiva (0+520 – 0+560) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 4
Tabla N° 27 Muestra 15 progresiva (0+600 – 0+640) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 5
Tabla N° 28 Muestra 17 progresiva (0+680 – 0+720) .....	86
Tabla N° 29 Muestra 19 progresiva (0+760 – 0+800) .....	87
Tabla N° 30 Muestra 21 progresiva (0+840 – 0+160) .....	88
Tabla N° 31 Muestra 23 progresiva (0+920– 0+957) .....	89
Tabla N° 32 Cuadro de resumen PCI.....	90
Tabla N° 33 Muestra 01.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 3
Tabla N° 34 Muestra 02.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 3
Tabla N° 35 Muestra 03.....	93
Tabla N° 36 muestra 04.....	94
Tabla N° 37 Muestra 05.....	94
Tabla N° 38 Muestra 06.....	94
Tabla N° 39 Muestra 07.....	95
Tabla N° 40 Muestra 08.....	95
Tabla N° 41 Muestra 09.....	95
Tabla N° 42 Muestra 10.....	96
Tabla N° 43 Muestra 11.....	96
Tabla N° 44 muestra 12.....	96
Tabla N° 45 Muestra 13.....	97
Tabla N° 46 Muestra 14.....	97
Tabla N° 47 Muestra 15.....	97
Tabla N° 48 Muestra 16.....	98
Tabla N° 49 Muestra 17.....	98
Tabla N° 50 Muestra 18.....	98
Tabla N° 51 Muestra 19.....	99
Tabla N° 52 Muestra 20.....	99
Tabla N° 53 Muestra 21.....	99
Tabla N° 54 Muestra 22.....	100
Tabla N° 55 Muestra 23.....	100
Tabla N° 56 Muestra 24.....	100

Tabla N° 57 Cuadro de resumen aplicación VIZIR .....	101
Tabla N° 58 Resumen conteo de tráfico.....	110
Tabla N° 59 Calculo del IMDs.....	111
Tabla N° 60 Cuadro de resumen de ESALs de diseño.....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Paquete estructural pavimento flexible.....	8
Figura 02: Sección típica transversal pavimento rígido .....	9
Figura 03: Sección típica transversal pavimento híbrido .....	9
Figura 04: Blow up – Buckling.....	13
Figura 05 falla grieta en esquina .....	14
Figura 06 falla losa dividida.....	14
Figura 07 falla Grieta de durabilidad “D”.....	15
Figura 08 falla escala.....	16
Figura 09 falla Daño en el sello de junta.....	17
Figura 10 falla desnivel carril /berma.....	17
Figura 11 Grietas lineales (grietas longitudinales, transversales y diagonales.....	18
Figura 12 falla parche grande.....	19
Figura 13 falla parche pequeño.....	20
Figura 14 falla pulimiento de agregados .....	20
Figura 15 falla popouts.....	21
Figura 16 falla bombeo.....	21
Figura 17 falla punzonamiento.....	22
Figura 18 falla cruce en vía férrea.....	22
Figura 19 falla desconchamiento, Mapa de grietas Chaquelado.....	23
Figura 20 falla grieta retracción.....	23
Figura 21 falla descascaramiento en esquina.....	24
Figura 22 falla descascaramiento en junta.....	25
Figura 23. Índice de deterioro superficial IS.....	36
Figura 24 Reflexión de fisuras en una sobrecapa de concreto asfáltico.....	38
Figura 25 Módulo Resiliente vs CBR .....	444
Figura 26 Correlaciones con el Módulo Resiliente .....	455

Figura 27 Ábaco de diseño para pavimentos flexibles.....	500
Figura 28 Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes .....	522
Figura 29 Carta para determinar el coeficiente estructural de capas asfálticas en función del módulo resiliente .....	533
Figura 30 Losa de concreto después de ser triturada.....	544
Figura 31 Losa de concreto después de ser fisurada .....	555
Figura 32 Elementos principales de un pavimento de hormigón.....	566
Figura 33 (a) ábaco para el diseño de pavimentos rígidos .....	57
Figura 33 (b) ábaco para el diseño de pavimentos rígidos .....	58
Figura 34 Ilustración de los conceptos de probabilidad de falla y de confiabilidad .....	600
Figura 35 Nivel óptimo de confiabilidad .....	62
Figura 36 Tendencia en el comportamiento de los pavimentos .....	64
Figura 37 Relación aproximada entre los valores $k_{\infty}$ y otras propiedades del suelo .....	65
Figura 38a Sección de una base permeable con una berma de concreto.....	67
Figura 38b Sección de una base permeable con una berma de asfalto.....	67
Figura 39 Dimensión de la capa de drenaje .....	68
Figura 40 Transferencia de carga.....	70
Figura 41 Ubicación de la provincia de Chota a nivel nacional y regional.....	72
Figura 42 Ubicación del proyecto en estudio (Imagen Satelital).....	73
Figura 43 Descripción fotográfica de la avenida Todos los santos.....	74
Figura 44. Detalle de la sección transversal actual del pavimento entre las progresivas 0+920 y 0+957 .....	75
Figura 45 Descripción de la estructura del pavimento existente.....	76
Figura N° 46.....	114
Figura N° 47.....	116
Figura N° 48.....	117
Figura N° 49.....	119
Figura N° 50 (a).....	122
Figura N° 50 (b).....	123
Figura 51 Inspección de muestras.....	Anexos
Figura 52 Inspección de la muestras.....	Anexos
Figura 53 Falla Grieta Lineal.....	Anexos

Figura 54 Falla Desconchamiento.....	Anexos
Figura 55 Falla Punzonamiento.....	Anexos
Figura 56 Falla Losa Dividida.....	Anexos
Figura 57 Falla Popouts.....	Anexos
Figura 58 Falla Grita en Esquina.....	Anexos
Figura 59 Falla Sello en Junta.....	Anexos
Figura 60 Cantera el Suro (Material para la Sub Base) .....	Anexos
Figura 61 Calicata para el Estudio de Suelos.....	Anexos
Figura 62 Excavación de Calicata.....	Anexos

## **RESUMEN**

En este trabajo se desarrolla una propuesta de rehabilitación de pavimento de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo en la Avenida Todos los Santos de la ciudad de Chota.

El desarrollo del trabajo se divide en dos etapas. La primera etapa comprende análisis y evaluación visual de la situación actual en que se encuentra el pavimento rígido de la avenida Todos los Santos mediante los métodos VIZIR y PCI. La segunda trata el procedimiento de diseño para determinar el espesor de pavimento de concreto hidráulico necesario para reconstruir el tramos en estado crítico, así como también determinar el espesor de la sobrecapas de refuerzo (flexible) a ser utilizado para la rehabilitación donde el pavimento se encuentra en estado regular.

Se determinó los siguientes resultados: El PCI promedio igual a 35.83, encontrándose entre el rango de (25-40), el cual nos indica que se encuentra en mal estado y el Is promedio calculado por el método VIZIR está en un rango de 5, indicando que se encuentra en mal estado.

Luego de haber determinado la situación en que se encuentra la avenida Todos los Santos mediante los métodos VIZIR y PCI. De acuerdo a los resultados obtenidos, se llegó a la conclusión de que hay tramos donde la Avenida se encuentra muy deteriorada (progresivas 0+160 – 0+720) por lo tanto necesita una reconstrucción de la misma y en los tramos donde se encuentra en regulares condiciones (progresivas 0+000 - 0+160 y 0+720 – 0+960), colocaremos sobrecapas asfálticas para rehabilitar la avenida; utilizando los parámetros utilizados por método AASHTO 93. Obteniendo resultados, para el pavimento rígido un espesor de 8 pulgadas y el espesor de sobrecapas de refuerzo equivalente a 1.60 pulgadas.

Finalmente se plantea la propuesta de reconstrucción con una losa de concreto hidráulico de espesor 8 pulgadas para la avenida Todos los Santos, debido a que más del 60% de la misma se encuentra mal estado (se verifica en anexos el presupuesto para reconstrucción y rehabilitación).

Palabras claves: Pavimento, rehabilitación, concreto rígido, pavimento flexible, deterioro, fallas, sobrecapas, PCI, VIZIR.

## ABSTRACT

In this work, a proposal is developed for the rehabilitation of concrete pavement using overlay reinforcement on the Avenida Todos los Santos in the city of Chota.

The development of the work is divided into two stages. The first stage includes analysis and visual evaluation of the current situation of the rigid pavement on Todos los Santos Avenue using the VIZIR and PCI methods. The second discusses the design procedure for determining the thickness of hydraulic concrete pavement needed to reconstruct the critically ill sections, as well as determining the thickness of the reinforcing (flexible) overlay to be used for rehabilitation where the pavement is in a regular state.

The following results were determined: The average PCI equal to 35. 83, being in the range of (25-40), which indicates that it is in bad condition and the average Is calculated by the VIZIR method is in the range of 5, indicating that it is in bad condition.

Finally, after having determined the situation of Todos los Santos Avenue by means of the VIZIR and PCI methods. According to the results obtained, it was concluded that there are sections where the Avenue is very deteriorated (progressive 0+160 - 0+720) and therefore needs a reconstruction of it and in the sections where it is in regular conditions (progressive 0+000 - 0+160 and 0+720 - 0+960), we will place asphalt overlay to rehabilitate the avenue, using the parameters used by the AASHTO 93 method. Obtaining results, for rigid pavement a thickness of 8 inches and the thickness of overlay reinforcement equivalent to 1. 60 inches, lastly, asphalt overlay will be placed on the entire avenue so that it is properly leveled.

Finally the reconstruction proposal is proposed with a hydraulic concrete slab 8 inches thick for the Todos los Santos avenue, due to the fact that more than 60% of it is in poor condition (the budget for reconstruction and rehabilitation is verified in annexes).

**Keywords:** Pavement, rehabilitation, rigid concrete, flexible pavement, deterioration, failure, overlay, PCI, VIZIR.



## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más serios que vivimos en la provincia de Chota, es el pésimo estado en que se encuentran los pavimentos urbanos. Cualquiera que sea el tipo de pavimento; ya sea flexible, rígido o mixto, es frecuente encontrar en ellos fisuras, depresiones y baches que dificultan el tránsito normal de los vehículos que circulan en nuestra ciudad.

No se puede hablar de una causa única del deterioro de las pistas. Las fallas que afectan al pavimento se producen por múltiples factores: podría ser el resultado de un mal diseño del paquete estructural, de la mala calidad de los materiales, de errores constructivos, de un deficiente sistema de drenaje en caso de precipitaciones, del efecto de sollicitaciones externas como carga vehicular y agentes climáticos, entre otros.

Pero el principal problema consiste en que no se lleva a cabo un mantenimiento adecuado, es decir, no se evalúa el comportamiento del pavimento con el paso del tiempo y sólo se interviene cuando el deterioro del pavimento es grave.

Lo ideal es detectar y evaluar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación, de manera que las reparaciones resultantes correspondan a trabajos de conservación o reparación menor, y no de reconstrucción. De esta forma, se ahorra dinero y recursos, ya que el costo por reparar un pavimento es mucho más elevado que el costo por mantenimiento.

Este trabajo pretende difundir el uso de sobrecapas de refuerzo como una alternativa de solución en la rehabilitación del pavimento de concreto, para ello se realizara previamente el análisis de la condición actual en que se encuentra el pavimento (**Método PCI y Método VIZIR**), calculando luego el espesor de sobrecapa de refuerzo (flexible), que se pueden aplicar sobre el pavimento rígido y el procedimiento de diseño de cada uno de ellas, utilizando el método AASHTO 93.

Para identificar que técnicas de mantenimiento y reparación son las adecuadas para mejorar la serviciabilidad del pavimento; se debe en primer lugar, evaluar la vía y conocer el estado real en que se encuentra. Para ello, existen varios métodos de evaluación superficial de pavimentos, de ellos se utilizó el Método PCI (Pavement Condition Index) y el Método VIZIR que van a ser estudiado y aplicado en la presente tesis.

El Método PCI y VIZIR consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando clase, severidad y cantidad de fallas encontradas. Con la información de campo obtenida durante la auscultación vial, y siguiendo la metodología indicada en el PCI y VIZIR, se calcula un índice que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento analizado, es decir, señala si el pavimento está fallado, si es malo, muy malo, regular, si es bueno, muy bueno o excelente.

Se hará referencia en esta tesis a la estimación de la condición en que se encuentra el pavimento Hidráulico de la avenida Todos los Santos, aplicando las metodologías PCI y VIZIR. Con esta información, podrá definirse el estado real del pavimento, que podrá servir luego para identificar la técnica adecuada para su recuperación y respectivo mantenimiento, temas que no han sido tocados en la tesis, pero que podrían desarrollarse a partir de ella.

Una vez determinado los valores mediante el cálculo del PCI y VIZIR, procederemos a brindar la alternativa de solución al problema presentado. Para los tramos críticos se desarrollara una reconstrucción del pavimento, en tanto que, en los tramos que se encuentran en regulares condiciones solo se colocara la capa de refuerzo asfaltico. Para el desarrollo de los procedimientos de diseño utilizaremos el método AASHTO 93, finalmente se propuso reconstruir en su totalidad, esto debido al mal estado en que se encuentra la avenida.

El presente trabajo está constituido por los siguientes capítulos:

Capítulo I: Introducción

Capítulo II: Marco teórico

Capítulo III: Materiales y métodos

Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

### **1.1. Planteamiento del problema**

La avenida Todos los Santos a lo largo de todo su tramo se encuentra con una serie de fallas entre las que más se destacan son: desconchamientos, asentamientos, parcheos, punzonamientos, entre otros, los cuales ponen en riesgo la vida de los transeúntes y pobladores en general que hacen uso de la mencionada vía, el estado que se observa es que se encuentra en precarias condiciones de serviciabilidad, situación que no se puede tolerar habiendo ingentes recursos financieros para ser gestionados por el gobierno local. Del análisis realizado, se planteó como problema central: *INADECUADAS CONDICIONES DE TRANSITABILIDAD VIAL Y PEATONAL DE LA AVENIDA TODOS LOS SANTOS DE LA CIUDAD DE CHOTA*. Entonces hay la necesidad de determinar la posibilidad de rehabilitar el pavimento de la avenida Todos los Santos de Chota.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el espesor de la sobrecapa de refuerzo para la rehabilitación del pavimento de concreto en la avenida Todos los Santos de la ciudad de Chota?.

### **1.3. Justificación de la investigación**

Dada la crítica de la situación en la que se encuentra la Avenida Todos los Santos y siendo esta una avenida muy importante de la ciudad de Chota que da acceso a uno de los mercados importantes de la ciudad, es prioridad urgente que se realice la rehabilitación de esta vía.

La importancia de utilizar sobrecapas asfálticas es que nos va a permitir corregir la deficiencia estructural e incrementar la capacidad de soportar las cargas por un tiempo determinado.

Contando con un programa de conservación de pavimentos bien estructurado se ahorra dinero a largo plazo y este servicio es siempre bien recibido por los usuarios, quienes como contribuyentes de impuestos proveen los fondos monetarios a las entidades gubernamentales.

Además, entre los beneficios derivados de tener un proceso estructurado de administración de pavimentos están el uso adecuado de los recursos disponibles y una mayor habilidad para justificar y asegurar un mayor financiamiento para las actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos para la ciudad de Chota.

También este proyecto se justifica socialmente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema del inadecuado servicio de transitabilidad y el mal estado de la superficie de rodadura, viéndose favorecidos los pobladores de la ciudad de Chota.

#### **1.4. Alcances y delimitaciones de la investigación**

##### **▪ Alcance:**

La investigación se desarrolló en el distrito de Chota, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, planteando una propuesta de rehabilitación de pavimento la cual se diseñará utilizando sobrecapas de refuerzo, para la Avenida Todos los Santos del distrito de Chota. Además, tiene un alcance referencial para los profesionales y entidades que se dedican a la construcción y consultoría de pavimentaciones y otras obras relacionadas a rehabilitación en el distrito de Chota.

##### **▪ Delimitación:**

Esta investigación se realizará en todo lo largo de la Avenida Todos los Santos de la ciudad de Chota, evaluando previamente la condición del pavimento, utilizando los métodos método PCI y VIZIR, y tomando como diseño según los procedimientos del método AASHTO 93 para determinar el espesor de sobrecapas de pavimento asfáltico.

#### **1.5. Limitaciones**

No existen limitaciones para realizar dicha investigación.

#### **1.6. Objetivos**

##### **▪ General**

Desarrollar una *"PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO UTILIZANDO SOBRECAPAS DE REFUERZO EN LA AVENIDA. TODOS LOS SANTOS DE LA CIUDAD DE CHOTA"*.

##### **▪ Específicos**

- Realizar la evaluación del pavimento existente.
- Realizar el estudio mecánica de suelos.
- Realizar el estudio de tráfico.
- Diseñar la estructura del pavimento flexible mediante la metodología AASHTO 93.
- Diseñar el espesor de losa de Concreto Hidráulico.

#### **1.7. Hipótesis**

El espesor de la sobrecapa de refuerzo para la rehabilitación de la avenida Todos los Santos de la Ciudad de Chota es de 2”

## **1.8. Definición de variables**

### **▪ Variable independiente**

El tránsito, número de ESALs, la serviciabilidad, módulo de resiliencia, número estructural, módulo de elasticidad.

### **▪ Variable dependiente**

Espesor de sobrecapas de refuerzo.

Espesor de losa de pavimento de concreto hidráulico.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS:**

#### **2.1.1. Internacionales**

INVIAS (2007) el Instituto Nacional de Vías señala que la degradación progresiva de las estructuras parece estar asociada al aumento de cargas de los vehículos comerciales que superan las de diseño y a la generalizada ausencia de actividades de mantenimiento rutinario y periódico.

Ribas (2016) en la tesis “Aplicación y Comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo pr 00+000 – pr 01+020 de la vía al LLano (dg 78 bis sur – calle 84 sur) en la UPZ Yomasa”. Señala que en las metodologías VIZIR y PCI se establecen los diferentes tipos de daños y mediciones, adoptadas a países en el exterior las cuales han sido modificadas y calibradas para nuestro ámbito local, es necesaria la implementación de estos métodos con el fin de dar un diagnóstico del desempeño del pavimento y así lograr identificar e interpretar el estado en el que se encuentra para con ello determinar el procedimiento o intervención que requiere la vía.

Según el Instituto de Desarrollo Urbano IDU (2008), el procedimiento más utilizado en la rehabilitación de pavimentos flexibles y rígidos ha sido la colocación de sobre-carpetas de concreto asfáltico; sin embargo, no ha sido una alternativa totalmente eficiente puesto que en muchas ocasiones no se ha considerado adecuadamente el estado y la capacidad estructural del pavimento fisurado y la calidad de la mezcla asfáltica a utilizarse como sobre-carpeta de rehabilitación, lo que conlleva a la aparición de fallas prematuras, afectando el desempeño y vida útil del pavimento restaurado.

#### **2.1.2. Nacionales**

Porta (2016) en la tesis “Evaluación y comparación de metodologías índice de condición de pavimento (pci) y visión e inspección de zonas e itinerarios de riesgo (vizir) en la avenida Mariscal Castilla tramo fundo el Porvenir – La Victoria” señala que a lo largo de su vida útil las estructuras de pavimento necesitan labores de mantenimiento y rehabilitación constante, en base a un diagnóstico oportuno, para determinar el estado situacional de las vías, comparar y analizar el porqué de los resultados y determinar la serviciabilidad de las mismas.

Morales (2005) en la tesis “Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo, se hace mención a las diferentes propuestas para

rehabilitar los pavimentos, de los cuales las más resaltantes es: *diseño de sobrecapas de refuerzo sobre pavimentos rígidos* (concreto asfáltico como material de refuerzo y concreto de cemento portland como material de refuerzo ), donde se detalla todos los procedimientos que se deben tener en cuenta para diseñar las sobrecapas, además también detalla sobre el proceso constructivo para cada propuesta de rehabilitación.

Arévalo (2009) en la tesis “Rehabilitación de pavimentos rígidos en base al estudio de la carretera Taija – Potosí”, señala que es de suma importancia la acertada evaluación e identificación de los diferentes tipos de fallas, esto determinará las causas de las fallas y permitirá analizar las posibles alternativas de solución y por consiguiente la acertada elección de la alternativa de rehabilitación del pavimento rígido.

### **2.1.3. Regionales**

No se encuentra antecedentes regionales.

### **2.1.4. Locales**

No se encuentra antecedentes locales.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Pavimentos**

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario.

De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo.

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas.

#### **- Clasificación de los pavimentos**

No siempre un pavimento se compone de las capas señaladas en la figura 01. La ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas depende de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la subrasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros.

Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan: Pavimento flexible, Pavimento rígido, Pavimento híbrido.

### a) Pavimento flexible

También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentran la base granular y la capa de subbase, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

Figura 01: paquete estructural pavimento flexible



Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible.

### b) Pavimento rígido

Son aquellos formados por una losa de concreto Pórtland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada. Ver figura 02

#### - Subrasante.

La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

#### - Subbase

La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado. Entre otras funciones que debe cumplir son:

1. Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
2. Incrementar el módulo (K) de reacción de la subrasante.
3. Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
4. Proveer drenaje cuando sea necesario.
5. Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

- **Losa**

La losa es de concreto portland, tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas.

Figura 02: Sección típica transversal pavimento rígido



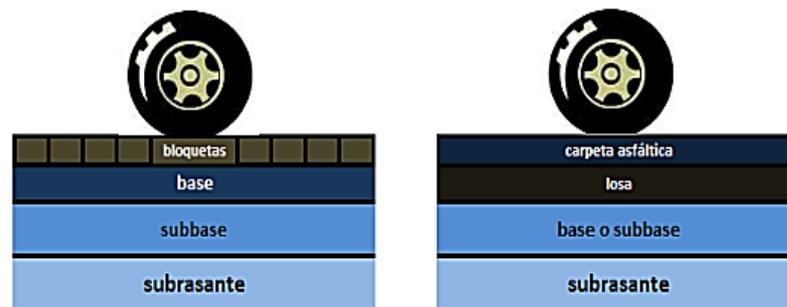
Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible.

**c) Pavimento híbrido**

Al pavimento híbrido se le conoce también como pavimento mixto, y es una combinación de flexible y rígido. Por ejemplo, cuando se colocan bloquetas de concreto en lugar de la carpeta asfáltica, se tiene un tipo de pavimento híbrido. Ver figura 03. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios.

Otro ejemplo de pavimento mixto, son aquellos pavimentos de superficie asfáltica construidos sobre pavimento rígido. Ver figura 03. Este pavimento, trae consigo un tipo particular de falla, llamada fisura de reflexión de junta.

Figura 03: Sección típica transversal pavimento híbrido



Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible.

## 2.2.2. Clasificación de una vía urbana

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Control de Accesos y Relación con otras vías	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Area Central de la ciudad, a través de vías auxiliares	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Número de carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido

## 2.2.3. Definición de falla

La falla estructural implica una degradación de la estructura del pavimento. Se presenta cuando los materiales que conforman la estructura, al ser sometida a repeticiones de carga por acción del tránsito, sufren un agrietamiento estructural relacionado con la deformación o la tensión horizontal por tracción en la base de cada capa, esto se denomina falla por fatiga.

### Cuantificación de las fallas

Las fallas visibles deben ser cuantificadas de acuerdo a los siguientes parámetros: tipo, severidad y extensión. El tipo se refiere a que, si son fallas funcionales o estructurales, la severidad queda definida por la apariencia de la falla expresada en porcentaje, en unidad de longitud por una descripción comparativa, o por una combinación de ellas, puede ser alta, media o baja. La extensión se expresa en orden de magnitud o en porcentaje de las juntas, del número de paños o de la longitud de la vía afectada.

#### a. Fallas funcionales

Son leves relativamente, cuando un pavimento ha perdido su función inicial o asignada de antemano, se acepta que tiene falla funcional; generalmente está localizada en la capa superficial del pavimento y causa cierta incomodidad en los pasajeros que transitan la vialidad.

Pueden detectarse por simple observación visual. Entre las principales fallas funcionales tenemos: escalonamiento que es la principal causa de la rugosidad, superficie pulida, baches pequeños, fisura miento por retracción, desintegración, etc.

#### **b. Fallas estructurales**

Pueden originarse en una o varias capas del pavimento, son graves, consisten en el rompimiento del pavimento por la falla estructural de alguna o varias de sus capas o por la incapacidad del suelo que lo soporta. Estos deterioros cuando están muy avanzados, imposibilitan al pavimento para resistir las cargas que se le imponen en la superficie.

Entre las principales fallas estructurales tenemos: grietas (longitudinal, transversal, de esquina), punzonados, levantamientos, agrietamiento por durabilidad, etc. Muchas de estas fallas no son provocadas por la acción del tránsito sino por otras causas como son: malas técnicas de construcción, agrietamiento por baja temperatura, etc. No obstante, esto, la acción del tráfico acelera el proceso de deterioro.

##### **- Fallas por defectos constructivos**

Se trata de pavimentos que quizá estuvieron formados por materiales suficientemente resistentes, pero en cuya construcción se han producido errores o defectos que afectan el comportamiento conjunto.

##### **- Fallas por fatiga comunes en los pavimentos Rígidos**

Existen distintas fallas comunes en los pavimentos, fallas por cortante, agrietamiento longitudinal, consolidación del terreno de cimentación.

##### **- Consolidación del terreno de cimentación**

La consolidación del terreno de cimentación produce distorsión del pavimento independientemente de los espesores o de su condición estructural. Se puede producir agrietamientos longitudinales y con trayectoria circular.

##### **- Factores que pueden afectar a la Falla por Fatiga**

#### **a. Índice medio diario**

Es el volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año. (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, DG-2018, Perú). Los aspectos que se han de considerarse son: tránsito. Conteo de tráfico histórico y actuales, carga y presión de inflado, número de repeticiones de las cargas, radio de influencia de las cargas, configuración de ejes y llantas, distribución transversal del tráfico, velocidad y frenado de los vehículos, estadísticas de sobre cargas de los vehículos.

Con toda esta información se analiza la estructura dándonos la posibilidad de adquirir un adecuado nivel de entendimiento sobre el comportamiento del pavimento existente, se emiten los primeros diagnósticos de situación. Todo esto puede influenciar a una falla por fatiga, es por esta razón que todos estos elementos se tienen que considerar; y analizar los patrones de influencia en la falla por fatiga.

## **b. Clima**

Definimos como el conjunto de características atmosféricas de un lugar o zona geográfica.

## **c. Materiales a Utilizar**

Material de origen pétreo compuesto por partículas de origen aluvial o por trituración de roca.

### **2.2.4. Métodos de investigación.**

Existen diferentes métodos de investigación, estos deben seleccionarse adecuadamente. En muchos casos los resultados de varios ensayos pueden compararse entre sí con el objeto de confirmar las razones del deterioro o de la falla y, de esta manera, entender mejor el comportamiento del mismo.

#### **A. Inspección visual.**

Esta es una de las herramientas más poderosas en las rehabilitaciones de pavimentos y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas:

##### **A.1 Inspección visual inicial**

En este caso se pretende obtener una inspección general del proyecto y definir los límites de secciones homogéneas, en las que se tengan tipos y niveles similares de deterioro o bien se parcializa el pavimento a estudiar tomando como referencia puntos singulares de fácil identificación, generándose de esta forma tramos de trabajo que serán objeto, en la inspección visual detallada, de un análisis más minucioso.

##### **A.2 Inspección visual detallada**

Esta etapa consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella, tomando todas las medidas de seguridad necesarias. El trabajo es realizado sobre secciones homogéneas o sobre los tramos parcializados.

Se toman nota detallada de las fallas encontradas en la superficie, y se anotan observaciones adicionales como; estado del drenaje (conformación de cunetas, estado de banquetas, etc.), aspectos geométricos (pendientes, curvaturas, terraplenes, etc.), losa más deteriorada, parches y situación de accesos, la existencia o no de cordones cunetas o situación de los desagües (zanjas, entubamientos).

Los diferentes modos y tipos de falla se describen en función de su severidad, frecuencia y localización, de esta forma se tendrá una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación.

Todo se vuelca en un plano general progresivo en donde se tendrá la visión general del estado de la vía. Con esta forma de trabajo, se van identificando sectores con soluciones similares y encontrando la solución a adoptar que involucre a las distintas tipologías de fallas.

Las fallas encontradas en superficie y su cuantificación, nos ayudan a la determinación del “Índice de Estado”, si bien se tiene una base de datos detallada de la situación superficial del pavimento.

## 2.2.5. Fallas comunes en pavimentos Rígidos

### a. Blow up – Buckling

Los blowups o buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta. También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos.

#### Niveles de Severidad

L - Causa una calidad de tránsito de baja severidad.

M - Causa una calidad de tránsito de severidad media

H - Causa una calidad de tránsito de alta severidad.

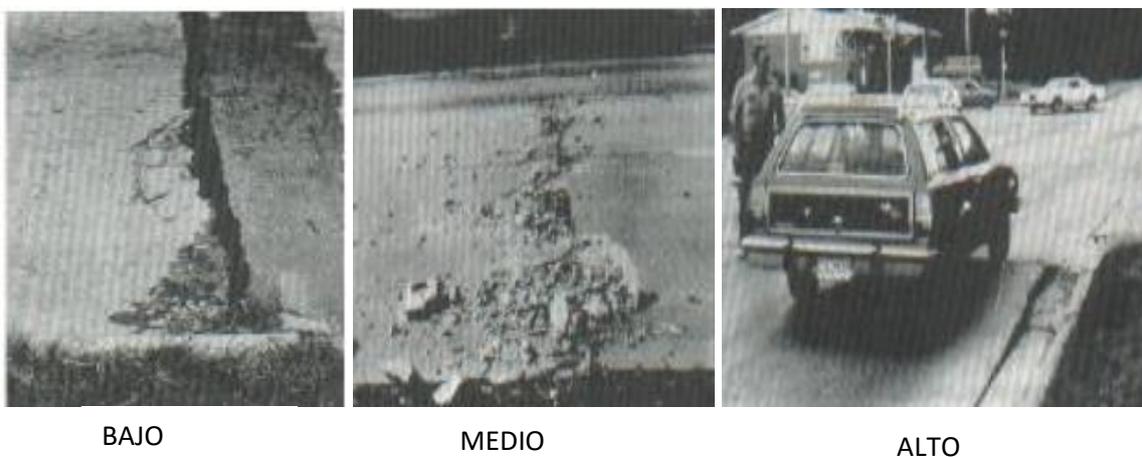


Figura 04 Blow up – Buckling

### b. Grieta en esquina

Una grieta de esquina es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Por ejemplo, una losa con dimensiones de 3.70 m por 6.10 m presenta una grieta a 1.50 m en un lado y a 3.70 m en el otro lado, esta grieta no se considera grieta de esquina sino grieta diagonal; sin embargo, una grieta que intercepta un lado a 1.20 m y el otro lado a 2.40 m si es una grieta de esquina. Una grieta de esquina se diferencia de un descascaramiento de esquina en que aquella se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, mientras que el otro intercepta la junta en un ángulo. Generalmente, la

repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.

**Nivel de severidad**

L - La grieta está definida por una grieta de baja severidad y el área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.

M - Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media (M).

H- Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas están muy agrietadas.

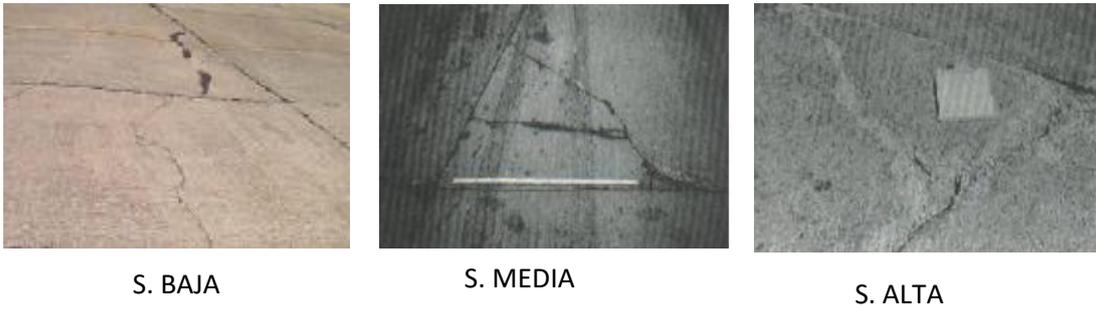


Figura 05 falla grieta en esquina

**c. Losa Dividida**

La losa es dividida por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, el daño se clasifica como una grieta de esquina severa.

**Nivel de severidad**

En el siguiente cuadro, se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 a más
B	B	B	M
M	M	M	A
A	M	M	A

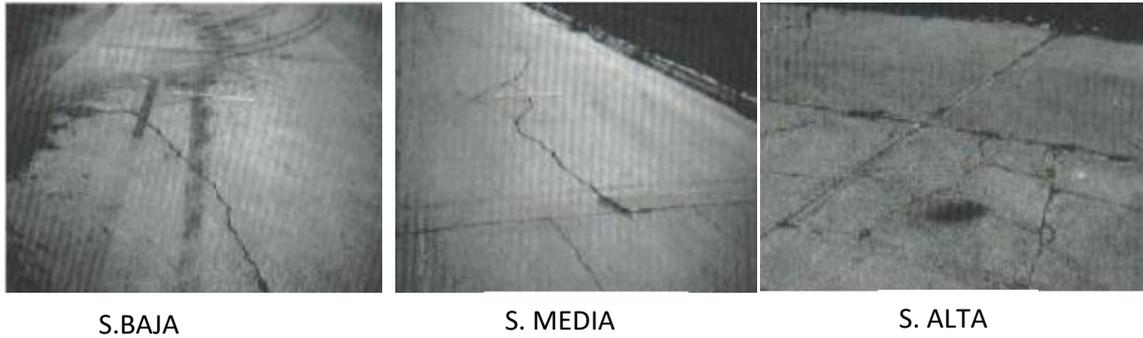


Figura 06 falla losa dividida

#### d. Grieta de durabilidad “D”

Las grietas de durabilidad “D” son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto. Usualmente, este daño aparece como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de las grietas “D”. Este tipo de daño puede llevar a la destrucción eventual de la totalidad de la losa.

#### Niveles de severidad

B -	Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.
M -	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad. 2. Las grietas “D” cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.
A -	Las grietas “D” cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

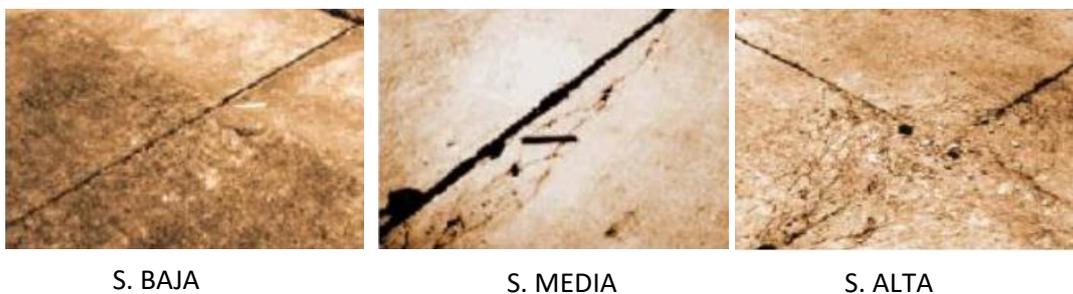


Figura 07 falla Grieta de durabilidad “D”

#### e. Escala

Escala es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son:

1. Asentamiento debido una fundación blanda.
2. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

### Niveles de Severidad

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en el siguiente cuadro:

Nivel de severidad	Diferencia de elevación
B	3 a 10 mm
M	10 a 19 mm
A	Mayor que 19 mm



S. BAJA

S. MEDIA

S. ALTA

Figura 08 falla escala

### f. Daño en el sello de junta

Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. Los tipos típicos del daño de junta son:

- a. Desprendimiento del sellante de la junta.
- b. Extrusión del sellante.
- c. Crecimiento de vegetación.
- d. Endurecimiento del material llenante (oxidación).
- e. Perdida de adherencia a los bordes de la losa.
- f. Falta o ausencia del sellante en la junta.

### Niveles de Severidad

B - El sellante está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.

M - Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.

A - Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.



S. BAJA

S. MEDIA

S. ALTA

Figura 09 falla Daño en el sello de junta

### g. Desnivel Carril / Berma.

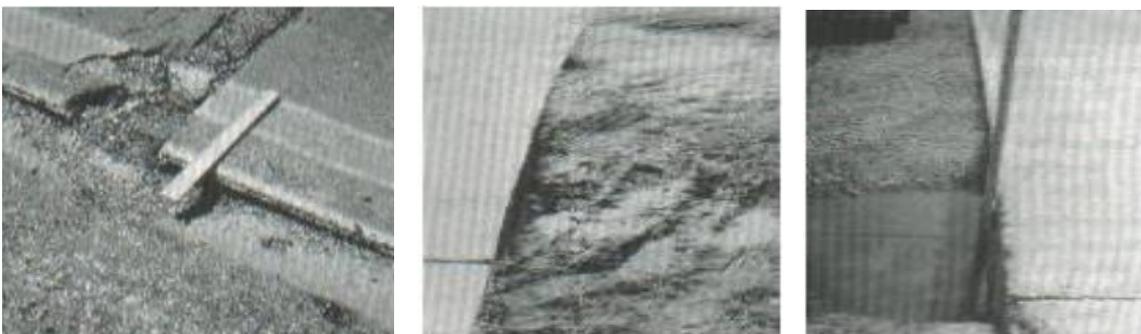
El desnivel carril / berma es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua.

### Nivel de Severidad

B - La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 51.0 mm.

M - La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.

A - La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.



S. BAJA

S. MEDIA

S. ALTA

Figura 10 falla desnivel carril /berma

#### **h. Grietas lineales (grietas longitudinales, transversales y diagonales)**

Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como losas divididas. Comúnmente, las grietas de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. Las grietas capilares, de pocos pies de longitud y que no se propagan en toda la extensión de la losa, se contabilizan como grietas de retracción.

#### **Niveles de Severidad**

##### **Losas sin Refuerzo**

<b>B -</b>	Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.
<b>M -</b>	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm. 2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm. 3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.
<b>A -</b>	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm. 2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.

##### **Losas con refuerzo**

<b>B -</b>	Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.
<b>M -</b>	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta no sellada con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala. 2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm. 3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.
<b>A -</b>	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta no sellada de más de 76.0 mm de ancho. 2. Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.

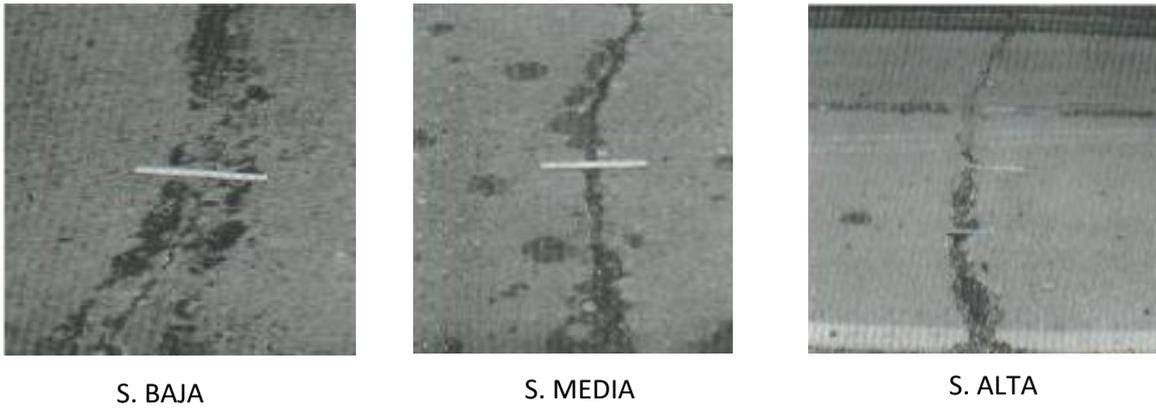


Figura 11 Grietas lineales (grietas longitudinales, transversales y diagonales)

**i. Parche grande (mayor de 0.45 m<sup>2</sup>) y acometidas de servicios públicos**

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una excavación de servicios públicos (utility cut) es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de una excavación de servicios son los mismos que para el parche regular.

**Niveles de severidad**

B - El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M - El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.

A - El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.



Figura 12 falla parche grande

**j. Parche pequeño (menor de 0.45 m<sup>2</sup>).**

Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno.

**Niveles de severidad**

B - El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M - El parche está moderadamente deteriorado. El material del parche puede ser retirado con considerable esfuerzo.

A - El parche está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.



S. BAJA

S. MEDIA

S. ALTA

Figura 13 falla parche pequeño

### **k. Pulimiento de agregados**

Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El pulimiento de agregados que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.

#### **Niveles de severidad**

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimiento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.



Figura 14 falla pulimiento de agregados

### **l. Popout**

Un popout es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm.

### **Niveles de severidad**

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el popout debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.



Figura 15 falla popouts

### **m. Bombeo**

El bombeo es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual generan una pérdida progresiva del soporte del pavimento. El bombeo puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas. El bombeo cerca de las juntas es causado por un

sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El bombeo también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

### **Niveles de severidad**

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.



Figura 16 falla bombeo

### **n. Punzonamiento**

Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes, pero, usualmente, está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí.

Este daño se origina por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto (por ejemplo, hormigueros)

**Niveles de severidad**

Severidad de la mayoría de grietas	Número de Pedazos		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
B	B	B	M
M	B	M	A
A	M	A	A



S. BAJA



S. MEDIA



S. ALTA

Figura 17 falla punzonamiento

**o. Cruce en vía férrea**

El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

**Niveles de severidad**

B - El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M - El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

A - El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.



S. BAJA



S. MEDIA



S. ALTA

Figura 18 falla cruce en vía férrea

#### **p. Desconchamiento, Mapa de grietas Chaquelado**

El mapa de grietas o craquelado (crazing) se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las grietas tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el descamado, que es la rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm. El descamado también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

#### **Niveles de Severidad**

B - El craquelado se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie está en buena condición con solo un descamado menor presente.

M - La losa está descamada, pero menos del 15% de la losa está afectada.

A - La losa esta descamada en más del 15% de su área.



S. BAJA

S. MEDIA

S. ALTA

Figura 19 falla desconchamiento, Mapa de grietas Chaquelado

#### **q. Grietas de retracción**

Son grietas capilares usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.

#### **Niveles de severidad**

No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.



Figura 20 falla grieta retracción

#### r. Descascaramiento en esquina

Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un descascaramiento de esquina difiere de la grieta de esquina en que el descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un descascaramiento menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

#### Niveles de severidad

En el cuadro siguiente se listan los niveles de severidad para el descascaramiento de esquina. El descascaramiento de esquina con un área menor que 6452 mm<sup>2</sup> desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

Profundidad del descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	127x127 mm a 305x305 mm	Mayor que 305x305 mm
Menor de 25 mm	B	B
25 a 51 mm	B	M
Mayor 51	M	A



S. BAJA



S. MEDIA



S. ALTA

Figura 21 falla descascaramiento en esquina

#### s. Descascaramiento en junta

Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. Se origina por:

1. Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.
2. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

#### Niveles de severidad

En el cuadro siguiente se ilustran los niveles de severidad para descascaramiento de junta. Una junta desgastada, en la cual el concreto ha sido desgastado a lo largo de toda la junta se califica como de baja severidad.

Fragmentos del descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6 m	> 0.6
Duros. No puede removerse fácilmente (puede faltar algunos pocos fragmentos)	< 102 mm	B	B
	> 102 mm	B	B
Suelos. Puede removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos 25 mm.	< 102 mm	B	M
	> 102 mm	B	M
Desaparecidos. La mayoría o todos los fragmentos han sido removidos	< 102 mm	B	M
	> 102 mm	M	A



S. BAJA

S. MEDIA

S. ALTA

Figura 22 falla descascaramiento en junta

## 2.2.6. Método para la evaluación de pavimento

### Índice de Condición de Pavimentos (PCI)

Es un método sencillo de aplicar y no requiere equipos experimentados. La inspección visual es una de las herramientas más importantes en la aplicación y evaluación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada. Con la inspección visual inicial se pretende obtener una inspección general del proyecto. Esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

Por otro lado, la inspección visual detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y tomando notas detalladas de las fallas encontradas en la superficie y se anotan también otras observaciones adicionales que se consideran necesarias.

### 2.2.7. Método PCI (Pavement Condition Index)

El método PCI (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

El PCI es un indicador numérico (varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Cada rango del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento) que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad), como se aprecia en la tabla.01

El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento.

Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. El PCI proporciona información sobre el rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento.

Finalmente, los trabajos de Construcción ( $PCI < 30$ ) se vinculan a la caracterización de una estructura de pavimento nueva sobre vías en afirmado o tierra o que por su estado de deterioro se considera deben ser reconstruidas. (15 Cfr. IDU, 2004).

Entre las fallas consideradas en el método del PCI se consideran un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados

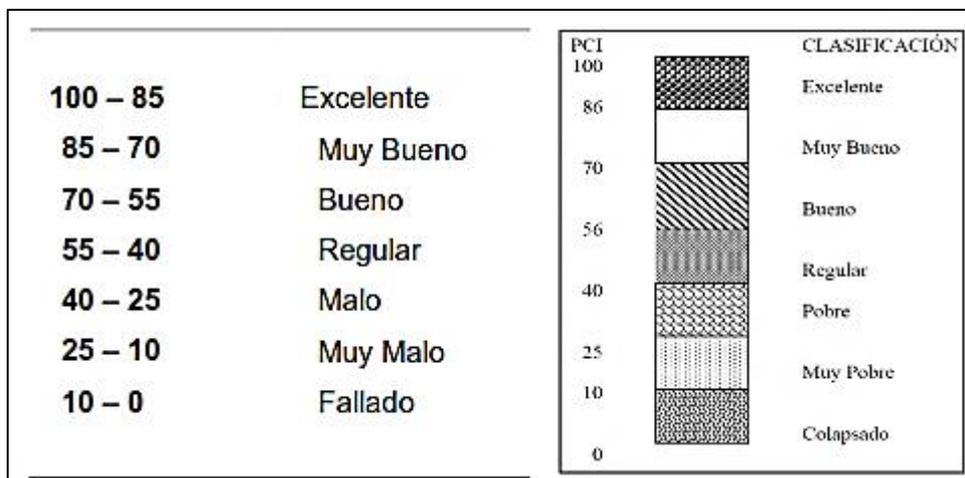
Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

#### - **Objetivos del método PCI**

- a) Determinar el estado de un pavimento en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.
- b) Obtener un indicador que permita comparar con un criterio uniforme la condición y comportamiento de los pavimentos.
- c) Obtener un criterio racional para justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.
- d) Obtener información relevante de retroalimentación respecto del comportamiento de las soluciones adoptadas en el diseño, evaluación y criterios de mantenimiento de pavimentos.

El método determina el Índice de Condición del pavimento (PCI) en base a información obtenida de una inspección visual. Este índice ayuda al ingeniero en procesos de evaluación, determinación de labores y prioridades de mantenimiento y reparación.

Tabla 01: Se muestra las condiciones de escala del pavimento



Rangos de calificación del PCI

Fuente: ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI

### 2.2.8. Procedimiento de evaluación de la condición de pavimento

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende: una etapa de trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de cada uno de ellos y una segunda fase que será el cálculo.

Para la evaluación de pavimentos, *La clase*, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de losa dividida, grieta lineal, grieta en esquina, desconchamiento, entre otros, cada uno de ellos se describe en el Ítem 2.2.4 (Manual de Daños de la Evaluación de la Condición de Pavimentos).

*La severidad*, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de transito:

- **Bajo, (L):** se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero no provoca incomodidad.

- **Medio, (M):** las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.
- **Alto, (H):** las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La calidad del tránsito se determina recorriendo la sección de un pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad especificada por el límite legal. Las secciones del pavimento cercanas a las señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

El último factor que se debe considerar para calificar un pavimento es *la extensión*, que se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos de hormigón, la calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una losa o varias losas.

De acuerdo al tipo de pavimento al cual se esté realizando la evaluación, se contará con el formato adecuado en el cual se registra en los datos de campo. El formato de evaluación se los puede encontrar en el Anexo formato para evaluación de pavimento rígido.

#### - **División del pavimento en unidades de muestra**

Una unidad de muestra es convenientemente definida por una porción de un pavimento de sección elegida solamente para la inspección del pavimento. De acuerdo al tipo de pavimento que cuenta la vía a evaluar se tiene:

##### **a. Pavimento de concreto hidráulico**

Con losas de cemento Portland y losas con longitud inferior a 7.60 m. el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango de  $20 \pm 8$  losas.

No todas las unidades de muestra requieren tener el mismo tamaño de muestra, pero deben tener similares patrones para asegurar la exactitud en cálculo del PCI.

#### - **Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación**

En la evaluación del Índice de Condición Presente (PCI) de pavimentos de acuerdo al tamaño de la muestra y con el fin de optimizar el método, se puede tener la evaluación de un proyecto y la evaluación de una red.

#### - **Evaluación de un Proyecto**

En la cual se deberán inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible el número mínimo de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación N° 1, la cual se produce un estimado del  $PCI \pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95 por ciento.

**- Determinación del número de unidades a ser inspeccionadas**

El primer paso en el muestreo de la evaluación de un proyecto es la determinación del número mínimo de unidades de muestreo (n) que deberá ser encuestado para obtener un cálculo aproximado del PCI de la sección. Este número mínimo, es determinado por medio de la siguiente ecuación:

$$n = (N \times \sigma^2) / \left( \frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2 \right) \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 1$$

Dónde:

*n* - Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

*N* - Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

*e* - Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (*e* = ± 5%)

*σ* - Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (*σ*) del PCI de 10 para pavimento asfáltico y de 15 para pavimentos de concreto, estos valores son basados en datos de campo obtenidos de muchas encuestas; sin embargo, si la experiencia local es diferente el promedio de la desviación estándar reflejará la condición local; esta deberá ser usada para la inspección inicial. En inspecciones subsecuentes, se usará la desviación estándar real de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deberán evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a ser evaluadas es menor que cinco (*n* < 5), se recomienda evaluar todas las unidades.

Si la obtención del nivel de confianza del 95 por ciento es crítica, se debe verificar el número de unidades de muestra inspeccionadas es adecuado. El número de unidades de muestra se determinó inicialmente en base a una desviación estándar asumida. Se debe calcular la desviación estándar actual de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PCI_i - PCI_f)^2}{n-1}} \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 2$$

Dónde:

*PCI<sub>i</sub>* - PCI de la unidad de muestra *i*.

*PCI<sub>f</sub>* - PCI promedio de las unidades de muestra analizadas.

*n* - Número total de unidades de muestra analizadas.

*s* - Desviación estándar.

**- Selección de las unidades de muestreo para inspección**

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar. Esta técnica se la conoce como “sistema aleatorio” descrito en los siguientes tres pasos:

**a. El intervalo de muestreo (i), es determinado por:**

$$i = \frac{N}{n} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 3$$

Dónde:

N - Número total de unidades de muestreo disponible.

n - Número mínimo de unidades para evaluar.

i - Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo: 3.70 se redondea a 3.00).

**- Valuación de una red**

En la cual se puede tener un número muy grande de unidades de muestreo, cuya inspección dependerá del tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

**- Determinación del número de unidades a ser inspeccionadas**

La evaluación de una red vial, puede ser conducida por solo un levantamiento topográfico de unas pocas unidades de muestra por sección. En la tabla 02 se ve un ejemplo del criterio usado por agencias para la determinación de unidades de muestra a ser evaluadas en una red vial.

N° de unidades de muestra en la sección (N)	N° de unidades de muestra a ser inspeccionadas (n)
1 a 5	1
6 a 10	2
11 a 15	3
16 a 40	4
Más de 40	10 % (redondéese a la siguiente unidad de muestra)

Tabla 02 Ejemplo del criterio de muestreo para una red, usada por algunas agencias

N° de unidades de muestra en la sección (N)	N° de unidades de muestra a ser inspeccionadas (n)
1	1
2 a 4	2
5 a 20	3
Más de 20	2

Tabla 03 Ejemplo del criterio de muestreo para una red, basada en la ecuación N°1.

En la tabla 02, difiere ligeramente de la tabla 03, el cual está basado en la ecuación N° 1 asumiendo una desviación estándar igual al error asumido de 5. No hay fundamento científico para esta suposición, pero este provee un método consistente para la selección del número de unidades a ser inspeccionadas para diferentes tamaños de sección.

#### - **Selección de las unidades de muestreo para inspección**

Cuando se selecciona unidades de muestreo para la inspección como las recomendadas en la tabla 02 o ella tabla 03, la unidad de muestra seleccionadas debe ser representativa (no aleatorio) del conjunto de la sección. El objetivo principal para el presupuesto estimando y la valoración de condición de la red es obtener una valuación significativa con el costo mínimo.

#### - **Selección de Unidades de Muestreo Adicionales**

Uno de los mayores inconvenientes en el sistema de muestreo aleatorio es la exclusión en el proceso de inspección y evaluación de algunas unidades que se encuentren en muy mal estado. También puede suceder que las unidades de muestreo que tienen daños que solo se presenten una vez, por ejemplo: el cruce de una vía férrea las cuales queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

### **¿Cómo Llevar a Cabo la Encuesta de Condición?**

El procedimiento usado para llevar a cabo la encuesta del PCI, varía de acuerdo al tipo de pavimento a ser inspeccionado. Para todos los tipos de superficies, la sección del pavimento primeramente deberá ser dividida en unidades de muestra y escoger las unidades de muestra a ser inspeccionadas como se describe las secciones anteriores.

El procedimiento de inspección para pavimentos con superficies de concreto, se realiza llenando los espacios en blanco en el formato de evaluación de pavimento rígido que se encuentra en los Anexos (formato para la evaluación de pavimentos rígidos).

Debe seguirse estrictamente la definición de los daños descritos en el ítem 2.2.4 (Manual de Daños de la Evaluación de la Condición de un Pavimento) esto con el fin de obtener un PCI confiable. La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

#### **2.2.9. Cálculo del PCI para pavimentos con superficie de concreto Pórtland**

**Paso 1:** Determinación de los valores deducidos (VD):

**1. a** Contabilice el número de losas en las cuales se presenta cada combinación del tipo de daño y nivel de severidad en el formato descrito en el marco teórico.

**1. b** Divida el número de losas contabilizadas en el paso anterior, entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado en porcentaje. Esta es la “Densidad” por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.

**1. c** Determine los “valores deducidos” para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva “valor deducido para pavimentos de concreto”; las cuales están en el anexo tablas y curvas de valores deducidos.

**Paso 2:** Determinación del número máximo admisible de valores deducidos (m):

**2.a** Si ninguno o tan solo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” en lugar del “valor deducido corregido” (CDV), obtenido en el Paso 4; de lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b y 2.c.

**2.b** Liste los valores deducidos individuales en orden descendente.

**2.c** Determine el “Número Máximo de Valores Deducidos” (m), utilizando la siguiente ecuación, para carreteras pavimentadas:

**2.d** El número de valores individuales deducidos se reduce a m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan los que se tengan.

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDV_i) \quad \dots\dots\dots\text{Ecuación N}^\circ 4$$

Dónde:

$m_i$  - Número máximo admisible de “valores deducidos, incluyendo la fracción para la unidad de muestreo i. ( $m_i \leq 10$ ).

$HDV_i$  - El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

**Paso 3:** Determinación del máximo valor deducido corregido (CDV):

Este paso se lo realiza mediante un proceso iterativo que se lo describe a continuación:

**3.a.** Determine el número de valores deducidos (q) mayores que 2..

**3.b.** Determine del “valor deducido total” sumando todos los valores deducidos individuales.

**3.c** Determine el CDV con el q y el “valor deducido total” en la curva de corrección, de acuerdo al tipo de pavimento.

**3.d** Reduzca a 2 el menor de los valores deducidos individuales, que sea mayor a 2 y repita las etapas 3.a hasta 3.c. Este proceso se repite hasta que se cumpla la condición que “q” sea igual a 1.

**3.e** El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en proceso de iteración indicado.

**Paso 4:** Calcule el PCI, restando el “máximo CDV” de 100.

$$PCI = 100 - \text{max. CDV} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 5$$

Dónde:

PCI - Índice de condición presente

Máx. CDV- Máximo valor corregido deducido

**2.2.10. Cálculo del PCI de una Sección de Pavimento**

Si todas las unidades de muestra inspeccionadas son elegidas aleatoriamente o si se inspeccionan todas las unidades, entonces el PCI de la sección es el promedio de todos PCI de cada unidad de muestra.

Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado que se calcula de la siguiente forma:

$$PCI_S = \frac{((N-A) \times PCI_R) + (A \times PCI_A)}{N} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 6$$

Dónde:

$PCI_S$  - PCI de la sección del pavimento.

$PCI_R$  - PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas

$PCI_A$  - PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

A - Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

N - Número total de unidades de muestreo en la sección.

**2.2.11. Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos**

El presente punto tiene por objeto discutir los aspectos más comunes relativos a las acciones de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos rígidos. Existen distintos niveles de intervención en la conservación vial, estos se clasifican en función a la magnitud de los trabajos necesarios, desde una intervención simple hasta una intervención más complicada y por ende más costosa<sup>6</sup>.

El mantenimiento reduce la velocidad del deterioro del pavimento corrigiendo pequeños defectos antes de que ellos empeoren y conduzcan a deterioros mayores. Buscando recuperar el deterioro de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y por los efectos del clima. Más allá de cierto punto, el simple mantenimiento no es suficiente y se requieren obras de rehabilitación que conducen a un mejoramiento en la condición del pavimento, recuperando las condiciones iniciales de la vía.

Las actividades de mantenimiento se agrupan en dos categorías, las cuales son: preventivas y correctivas. El mantenimiento preventivo incluye aquellas actividades realizadas para

proteger el pavimento y reducir su tasa de deterioro. Por su parte el mantenimiento correctivo consiste en aquellas actividades ejecutadas para corregir fallas específicas del pavimento o áreas deterioradas<sup>7</sup>.

A continuación, se presentan la tabla 04 donde se relacionan los rangos de PCI de un pavimento flexible a la categoría de acción a utilizar.

Tabla 04: Correlación de categoría de acción con un rango de PCI

RANGO DE PCI	CATEGORÍA DE ACCION
100 a 85	Mantenimiento Preventivo o Mínimo
85 a 60	Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico
60 a 40	Mantenimiento Correctivo
40 a 25	Rehabilitación - Reconstrucción
Menor a 25	Rehabilitación -Reconstrucción

Fuente: Sotil 2012

### 2.2.12. Metodología VIZIR

Metodología Francesa desarrollada por (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) LCPC en 1972, sistema de evaluación visual de fácil aplicación. Clasifica los deterioros en dos categorías: fallas estructurales y funcionales de los pavimentos flexibles y cada defecto tiene tres severidades (baja=1, media=2 y alta=3)

#### ▪ Fallas estructurales de tipo A

Insuficiencia de la capacidad estructural del pavimento. Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento, ocasionados en las capas estructurales de la calzada cuya solución requiere el conocimiento de otros criterios de valoración (ensayos de resistencia, deflexiones, etc.).

#### ▪ Fallas estructurales de tipo B

Están asociadas a aspectos constructivos, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural del pavimento. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. Entre estas fallas se pueden citar los agrietamientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, sello en juntas, los desprendimientos y los afloramientos.

Esta metodología calcula la condición de pavimento mediante el Índice de Deterioro Superficial (Is), el cual es un valor adimensional que se calcula a partir del porcentaje de longitud afectada, con respecto a la longitud total del segmento de vía en estudio. Además es inversamente proporcional entre el valor calculado y la calidad de la superficie de rodamiento, es decir entre mayor es el Is menor es la calidad de la vía.

### 2.2.13. Solución de mantenimiento

**Tipo B.-** la solución de mantenimiento se deriva del simple reconocimiento de su existencia, no siendo necesario apelar a otros parámetros para realizar el diagnóstico.

**Tipo A.-** la solución de mantenimiento dependen de múltiples factores y, por lo tanto, el diagnóstico exigirá la consideración de aspectos tales como la capacidad portante, la calidad de los materiales existentes, el tránsito futuro, etc.

Por lo tanto, el índice visual global que califica el estado del pavimento solo toma en cuenta los daños del tipo A.

#### **2.2.14. Determinación del índice superficial (Is)**

Esta metodología VIZIR para el cálculo del Is no toma en cuenta los deterioros TIPO B, pero se debe evaluar durante la auscultación o evaluación de la vía, ya que estos deterioros son importantes para la toma de decisiones sobre los tratamientos a realizarse.

1. Primero calcular la extensión (%) de cada una de las fallas presentes en el tramo evaluado, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{EXTENSION} = \frac{\text{AREA DE LA FALLA}}{\text{AREA TOTAL DEL TRAMO}} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 7$$

*Nota: Pulimiento de Agregado tiene una gravedad de cero.*

2. Se debe calcular el índice de fisuramiento (If), el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada, tales como: Fisura longitudinal o transversal por fatiga, desconchamiento, punzonamiento, bache.
3. A continuación se calcula el índice de deformación “Id”, este depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural.
4. La combinación de If e Id da lugar a un primer índice de calificación de la calzada, el cual debe ser corregido en función de la extensión y calidad de los trabajos de bacheo. En este punto, es importante considerar que el Método de Evaluación Vizir considera a los parches y bacheos parte integrada de la zona evaluada, con el argumento de que mientras una reparación localizada reciente enmascara un problema, las reparaciones frecuentes lo confirman. Luego de realizarse esta corrección, cuando corresponda, se obtiene el Índice de Deterioro Superficial (Is), el cual califica la calzada en la longitud escogida para el cálculo.

El valor del Is varía entre 1 y 7 según el rango de calificación Vizir, los índices de deterioro superficial (Is), establecidos durante el proceso de calificación y cuantificación de los deterioros del pavimento, definen tres casos generales.

**Valores de 1 y 2 del “Is”.-** representan pavimentos con agrietamientos y deformaciones, que presentan un buen aspecto general y que, probablemente, estas fallas no requieren en el momento más acciones de mantenimiento rutinario.

**Valores 3 y 4 del “Is”.-** representan pavimentos con agrietamientos estructurales y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos no figurados pero con deformaciones de

alguna importancia. Su estado superficial se considera regular y lo suficientemente degradado como para poner en marcha tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.

Los valores 5, 6 y 7.- son indicativos de pavimentos con agrietamientos y deformaciones abundantes, cuyo deficiente estado superficial exige la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación.

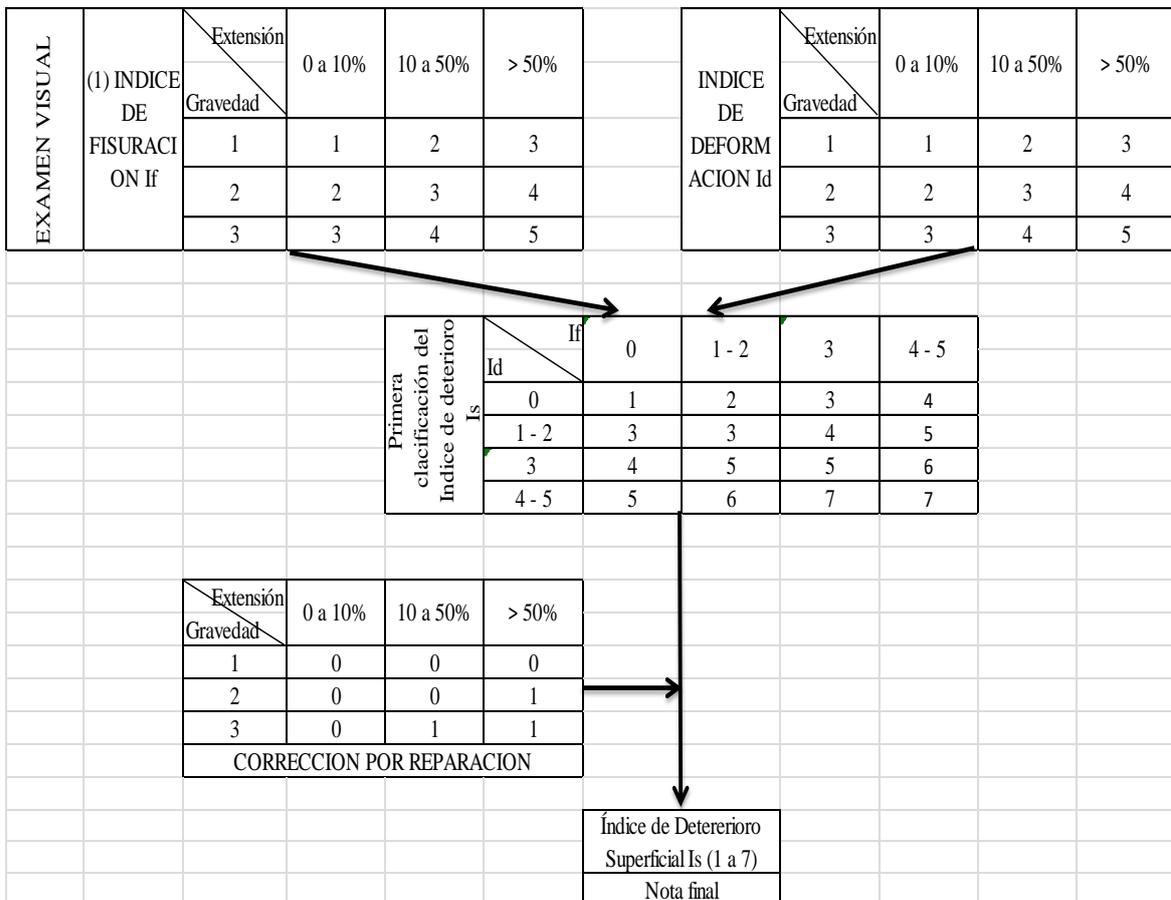
Tabla 05: Rango de calificación Metodología Vizir

RANGO DE CALIFICACIÓN VIZIR	
RANGO	CALIFICACIÓN
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5, 6 y 7	Deficiente

Fuente; Ministerio de Transporte 2012, INVIAS

### 2.2.15. Juicio sobre la capacidad del pavimento

Figura 23. Índice de deterioro superficial IS



Fuente; Ministerio de Transporte 2012, INVIAS

La metodología Francesa Vizir permite por medio de una inspección visual la identificación de daños funcionales o estructurales en la calzada de forma cuantitativa y cualitativamente el estado de cada tramo, calculando de esa manera el índice de deterioro superficial de la vía. Debido a que es una metodología que depende netamente del juicio de la personas quienes realizan la inspección visual se debe realizar una alta capacitación al personal a cargo de las mismas sobre los criterios de identificación de los deterioros, que deben estar acompañado por personal con conocimiento en el área de pavimentos para así garantizar que los datos que se tomen sean lo más acertados a la realidad actual de la calzada.

#### **2.2.16. Diseño de sobrecapas de refuerzo**

Una sobrecapa de refuerzo se define como un tipo de rehabilitación estructural que permitirá al pavimento antiguo recuperar la capacidad estructural perdida por los años de servicio, o en todo caso mejorar la capacidad inicial de diseño.

#### **2.2.17. Principales consideraciones para diseñar sobrecapas de refuerzo**

Las principales consideraciones que hay que tener en cuenta al momento de diseñar una sobrecapas de refuerzo, las cuales son: reparaciones previas al refuerzo (estabilización de losas, reparación en todo el espesor, reparación de juntas y grietas, etc.), control de reflexión de fisuras y ensanche de pavimentos.

Todas estas tareas son muy importantes en el diseño de las sobrecapas de refuerzo porque de ellas va a depender el tipo de refuerzo a colocar. Por lo tanto, el proyectista debe considerar el costo de cada uno de estos ítems, su factibilidad y en base al mismo diseñar el tipo de refuerzo más adecuado. Asimismo, se buscará colocar el refuerzo que requiera reparaciones previas más baratas y sencillas, de tal manera que se adapte bien al grado de deterioro existente.

##### **a. Preparaciones previas**

Antes de proceder a la colocación del refuerzo, deberán repararse todos los desperfectos graves, tales como grietas de trabajo (aquellas que experimentan desplazamientos verticales entre sí), losas inestables, asentamientos, punzonamientos de pavimentos de concreto armado continuo y en especial todos los problemas derivados de un mal funcionamiento del sistema de drenaje o de la falta de capacidad de soporte de las capas subyacentes, con el fin de proporcionar al refuerzo una superficie de apoyo estable, uniforme, no erosionable y sin problemas de drenaje.

Todas estas medidas de reparación deberán tenerse en cuenta en el proyecto, sin que sea admisible sustituirlas por el dimensionamiento de un refuerzo de mayor espesor.

Cada técnica está diseñada específicamente para reparar o prevenir la recurrencia de ciertas fallas que puedan afectar el comportamiento de la sobrecapa de refuerzo. Aún cuando cada

una de las técnicas puede ser empleada individualmente, son típicamente más efectivas cuando se emplea una combinación de varias de ellas.

Entre las principales técnicas de reparación tenemos:

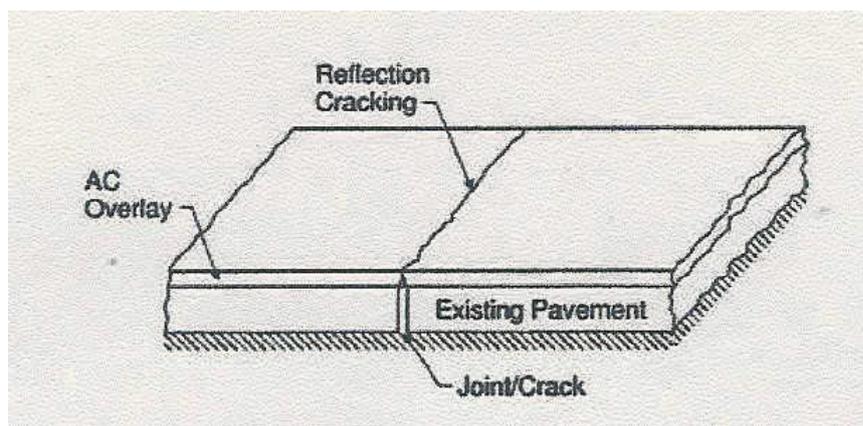
- Estabilización de losas.
- Reparación en todo el espesor.
- Reparación de espesor parcial.
- Colocación de barras de traspaso de carga.
- Colocación de barras en cruz.
- Cepillado de la superficie.
- Reparación de juntas y grietas.
- Instalación de drenes de borde.

Estas técnicas, por sí solas, no necesariamente aumentan la capacidad estructural del pavimento; lo que hacen es incrementar la vida útil de éste. Por el contrario, si el pavimento necesita aumentar su capacidad para soportar más cargas será necesario colocar un refuerzo estructural.

#### **b. Control de reflexión de fisuras**

La reflexión de fisuras o agrietamiento reflejo es aquel mecanismo que refleja el patrón de agrietamiento del pavimento existente sobre la superficie del refuerzo, como se ilustra en la figura 24. Se origina por la concentración de deformaciones en la sobrecapas, causado por el movimiento de juntas y grietas del pavimento existente. Este tipo de agrietamiento puede ocurrir en casi todos los tipos de refuerzo, pero es más común en los refuerzos de concreto asfáltico sobre pavimentos rígidos.

Figura 24 Reflexión de fisuras en una sobrecapas de concreto asfáltico



Fuente: Reporte Final N° 260 del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Illinois

#### **c. Ensanche de pavimentos**

Muchos refuerzos de concreto asfáltico están realizados sobre pavimentos de concreto, y como tarea adicional, se ensancha la calzada. Se debe asegurar que las secciones existentes y ensanchadas funcionen bien desde el punto de vista estructural. Muchas veces se han

presentado problemas a lo largo de la línea que marcaba el borde externo de la calzada primitiva. Se recomienda para evitar esto, hacer lo siguiente:

- La vida útil del refuerzo y del ensanche debe ser la misma para evitar reparaciones en distintos momentos.
- La sección transversal del ensanche debe igualar a la del pavimento existente en lo que concierne al tipo de material, espesor, armaduras y espaciamiento entre juntas. No obstante esto último, puede usarse un espaciamiento menor.
- Una sección ensanchada de concreto debe estar unida a la losa existente con barras de unión. Este ensanchamiento puede ser de dos maneras: unido en forma monolítica al pavimento existente o construido separadamente de éste. Asimismo, las barras de unión deben estar fijadas o ancladas al pavimento existente y deben ser del mismo tipo que las empleadas en un pavimento nuevo.
- A lo largo de esta junta longitudinal se debe disponer algún dispositivo que evite la reflexión de fisuras.
- El espesor de refuerzo debe ser el mismo en el ensanche que en el pavimento existente.
- Si fuera necesario, debería preverse drenaje longitudinal.

#### **2.2.18. Factores básicos para el estudio de refuerzos**

El refuerzo debe ser capaz de brindar al pavimento reforzado resistencia (capacidad para soportar la acción del tráfico) y durabilidad (capacidad para resistir la acción del medio ambiente), durante el período para el cuál ha sido diseñado. Todo esto, en condiciones de vialidad adecuados y con gastos de conservación (mantenimiento) normales para el tipo de carretera que se esté rehabilitando.

En la concepción de un refuerzo intervienen fundamentalmente los siguientes factores:

##### **a) Factores internos**

El estado superficial del pavimento que se pretende reforzar.

- La estructura del pavimento existente, naturaleza y estado de cada una de sus capas componentes.
- La capacidad resistente del pavimento existente, esta puede ser determinada mediante la medida de deflexiones.
- El tipo de material a emplear en el refuerzo.

##### **b) Factores externos**

Disponibilidad de fondos adecuados para realizar el refuerzo.

- Disponibilidad de materiales y equipos.
- Como se manejará el tránsito de la vía durante la ejecución de las obras de refuerzo y el costo de la demora del usuario.
- Problemas constructivos como: ruido, contaminación, instalaciones subterráneas, gálibo bajo puentes, espesor de bermas.

- El estado del sistema de drenaje de la carretera antes del refuerzo y posibilidades de mejora del mismo.
- Cargas de tránsito futuras.
- Clima local.

### **2.2.19. Estudios preliminares**

Antes de proceder al cálculo del espesor de refuerzo, es necesario dividir el pavimento a reforzar en tramos, ya que el deterioro del pavimento no es igual a lo largo de la vía a rehabilitar. Este cambio puede ser en el aspecto superficial, aspecto estructural (resistencia de las capas componentes del pavimento) y en las condiciones externas el pavimento (berma, condiciones de drenaje). Esto permitirá identificar zonas con características similares (homogéneas) a las que puede dársele un tratamiento especial.

En consecuencia, se puede decir que en este tipo de proyectos es importante realizar una división en secciones de características homogéneas, con la finalidad de diseñar un espesor de sobrecapas adecuado para cada caso y no incurrir en un sobrediseño que traería como consecuencia el encarecimiento del proyecto.

Entre los principales criterios a tener en cuenta para realizar una tramificación se pueden mencionar:

- Variaciones sensibles en las solicitudes de tránsito pesado (causadas, por ejemplo, por la existencia de intersecciones).
- Variaciones en las condiciones climáticas, que pueden influir sensiblemente en la temperatura del pavimento y en el grado de humedad de la subrasante.
- Cambios importantes en el tipo de suelo de la subrasante.
- Cambios importantes en la sección transversal.
- Cambios importantes en el tipo o espesor del pavimento existente o alguna de sus capas.
- Variación en el estado del pavimento.
- Variación de las condiciones de drenaje.

Esta tramificación previa es de gran importancia sobre todo en proyectos de gran longitud y en aquellos en que, por falta de tiempo o de medios, no sea posible efectuar la medida de la deflexión en toda la longitud a reforzar, puesto que permite seleccionar secciones representativas de cada uno de los tramos cuyo comportamiento sea previsiblemente distinto.

### **2.2.20. Factores de dimensionamiento de una rehabilitación estructural**

#### **- Análisis del tránsito**

Este factor es el más importante, por lo que debe reflejar correctamente el tipo de tráfico que recibirá la vía a reforzar durante su nuevo periodo de diseño. En todo análisis de tránsito se deben coleccionar al menos dos datos:

- Tráfico medio diario en ambas direcciones, de todos los vehículos (ADT- average daily traffic)
- Tráfico promedio diario de camiones en ambas direcciones (ADTT- average daily truck traffic)

Estos datos pueden ser obtenidos a partir de censos de tránsito en el lugar de la futura construcción (si existe la vía y va a ser rehabilitada) o si es totalmente nueva mediante censos de tránsito en lugares próximos. Hay mapas de volúmenes de tránsito que muestran en determinados lugares el número de vehículos diarios, pero esto es menos exacto que hacer el censo en un determinado lugar. El tránsito puede cambiar según el día de la semana o en forma estacional y el proyectista debe tenerlo en cuenta.

De igual manera, es necesario conocer las tasas de crecimiento del tránsito, así como también la distribución por dirección y si se trata de un camino multitrocha, la distribución por trocha. También es necesario conocer el porcentaje de camiones presentes en el volumen de tránsito a estudiar, como así también la clasificación de estos camiones.

A continuación, se presenta el procedimiento estándar para el cálculo de los ESALs de diseño.

1. Se determina el volumen promedio diario para cada tipo de vehículo en el carril de diseño. En el caso del Perú existen estaciones de pesaje ubicadas en las principales carreteras del país donde se registran datos de tránsito de estas carreteras como es tipo de vehículos y pesos que llevan.
2. Se calcula el factor de crecimiento (FCR), este factor depende de la tasa de crecimiento y del período de diseño y se selecciona de la tabla 06.

Tabla 06 Factor de crecimiento (FCR)

Período de diseño (Años)	Tasa de Crecimiento Anual, porcentaje (r)							
	Sin Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.34	172.32	271.02

Fuente: Apéndice D de la guía AASHTO para diseño de pavimentos, año 1986.

3. Se calcula el tránsito de diseño multiplicando el volumen promedio diario de cada vehículo por el factor de crecimiento de éste y por 365 días.
4. Se calcula el factor camión (Número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalente a 80 kN, en una pasada de un vehículo). Esto se realiza para cada vehículo.
5. Finalmente, se multiplica el tránsito de diseño por el factor camión para cada tipo de vehículo, para obtener el número de ESALs de diseño.

$$FCR = \frac{(1+r)^{-1}}{r}, \text{ donde } r = \text{tasa} / 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 8$$

Si el crecimiento anual es cero, Factor de Crecimiento = periodo de diseño

Tabla 07 Factores de equivalencia de carga para pavimentos rígidos

Carga por eje		D = 10 pulg		P <sub>t</sub> = 2.5
kN	lb	Eje Simple	Eje Doble	Eje Triple
8.90	2,000	0.0002	0.0001	0.0001
17.80	4,000	0.002	0.0005	0.0003
26.70	6,000	0.010	0.002	0.001
35.60	8,000	0.032	0.005	0.002
44.50	10,000	0.081	0.012	0.005
53.40	12,000	0.175	0.025	0.009
62.30	14,000	0.338	0.047	0.016
71.20	16,000	0.601	0.081	0.027
80.00	18,000	1.00	0.132	0.044
89.00	20,000	1.58	0.204	0.066
97.90	22,000	2.38	0.305	0.098
106.80	24,000	3.45	0.441	0.139
115.60	26,000	4.85	0.620	0.194
124.50	28,000	6.61	0.850	0.263
133.40	30,000	8.79	1.14	0.351
142.30	32,000	11.4	1.50	0.460
151.20	34,000	14.6	1.95	0.594
160.10	36,000	18.3	2.48	0.756
169.00	38,000	22.7	3.12	0.950
178.00	40,000	27.9	3.87	1.18
187.00	42,000	34.0	4.74	1.45
195.70	44,000	41.0	5.75	1.77
204.50	46,000	49.2	6.90	2.13
213.50	48,000	58.7	8.21	2.55
222.40	50,000	69.6	9.68	3.02
231.30	52,000		11.3	3.56
240.20	54,000		13.2	4.16
249.00	56,000		15.2	4.84
258.00	58,000		17.5	5.59
267.00	60,000		20.0	6.42
275.80	62,000		22.8	7.33
284.50	64,000		25.8	8.33
293.50	66,000		29.2	9.42
302.50	68,000		32.9	10.6
311.50	70,000		37.0	11.9
320.00	72,000		41.5	13.3
329.00	74,000		46.4	14.8
338.00	76,000		51.8	16.5
347.00	78,000		57.7	18.2
356.00	80,000		64.2	20.2
364.70	82,000		71.2	22.2
373.60	84,000		78.9	24.5
382.50	86,000		87.0	26.9
391.40	88,000		96.0	29.4
400.3	90,000		106.0	32.2

Fuente: Apéndice D de la guía AASHTO para diseño de pavimentos, año 1986.

## - Análisis de la subrasante

Para diseñar el espesor de una sobrecapa de refuerzo utilizando el método AASHTO 93, es necesario conocer las propiedades de la subrasante. Aun cuando se disponga de los registros de los diseños originales, es recomendable efectuar algunas pruebas de carácter limitado, para asegurar al Ingeniero de diseño que no ha habido ningún cambio en las condiciones del suelo durante la vida de la vialidad existente. Cuando no se disponga de los datos de diseño originales, deberá establecerse la resistencia del suelo de la subrasante.

Por este motivo, uno de los primeros pasos en el procedimiento de dicho método es recolectar especímenes de suelo para verificar o determinar los valores de resistencia sobre el cual basar el diseño del espesor total requerido. Se deberá seleccionar especímenes aleatoriamente por cada tipo de suelo encontrado, los cuales pueden clasificarse de la siguiente manera:

**a) Suelos pobres**, los que se vuelven blandos y plásticos cuando se humedecen. Incluye los suelos que tienen cantidades apreciables de arcilla y limo fino. Propiedades típicas: Módulo resiliente = 30 MPa (4500 psi), CBR = 3%.

**b) Suelos medios**, son los que retienen un moderado grado de resistencia bajo condiciones adversas de humedad. Incluye suelos tales como: arenas arcillosas, arenas limosas y gravas arenosas. Módulo resiliente = 80 MPa (12000 psi), CBR = 8%.

**c) Suelos buenos**, son los que retienen una cantidad sustancial de su capacidad de soportar cargas cuando se humedecen. Están incluidas las arenas limpias, gravas arenosas y angulosas, particularmente las que son bien graduadas, y suelos libres de cantidades perjudiciales de materiales plásticos. Módulo resiliente = 170 MPa (25 000 psi), CBR = 17 %.

Las muestras del suelo de la subrasante son ensayadas en el laboratorio para determinar sus valores de resistencia. Los ensayos requeridos son:

- Módulo resiliente ( $M_R$ ): Es un ensayo triaxial cíclico que intenta reproducir los esfuerzos en las capas de un pavimento cuando está sometido a cargas móviles del tránsito.
- Valor soporte california (CBR): Este ensayo valora la capacidad o resistencia al corte del suelo. Es utilizado para analizar la resistencia de la subrasante, subbase y base en pavimentos flexibles.
- Módulo k de reacción de la subrasante: Se determina en un ensayo de placa, igual que el CBR se utiliza para valorar la capacidad o resistencia al corte del suelo. Es utilizado para analizar la resistencia de la subrasante o subbase en pavimentos rígidos.

Para propósitos de diseño, AASHTO propone actualmente el uso del módulo resiliente ( $M_R$ ) para una mejor caracterización de los suelos de la subrasante. El módulo resiliente puede definirse como la relación entre el esfuerzo dinámico y la deformación, y puede determinarse de las siguientes maneras: ensayos de laboratorio, ensayos no destructivos y correlaciones.

Ante la ausencia de equipos, o de tiempo para la ejecución de estos ensayos, se utilizan ecuaciones de correlación entre los valores de CBR y  $M_R$  para obtener el valor requerido en el diseño de pavimentos. Así, por ejemplo, el método AASHTO propone la siguiente ecuación de correlación:

$$M_R = 1500 \times \text{CBR} \quad \text{para } \text{CBR} < 10\% \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 9$$

En otros países de Latinoamérica, como Venezuela, se han utilizado las siguientes ecuaciones de correlación:

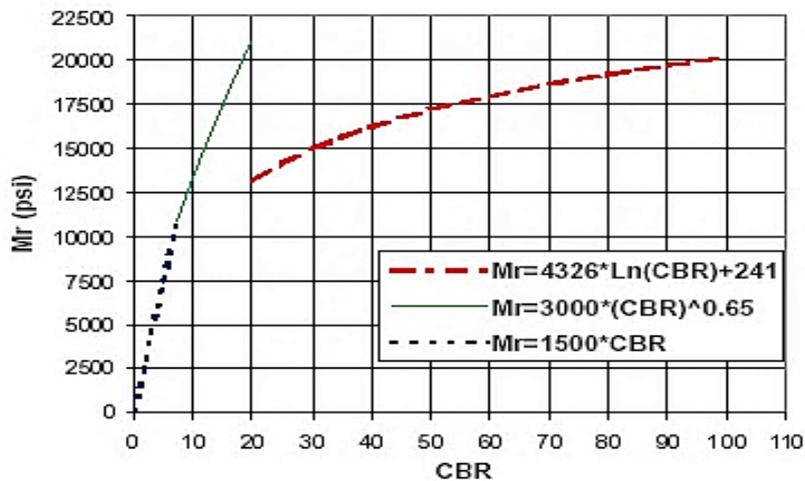
$$M_R = 1500 \times \text{CBR} \quad \text{para } \text{CBR} < 7.2\% \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 10$$

$$M_R = 3000 \times \text{CBR}^{0.65} \quad \text{para } 7.2\% < \text{CBR} < 20\% \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 11$$

En el Perú se utilizan estas ecuaciones de correlación entre el módulo de resiliencia  $M_R$  y el valor de CBR para obtener el parámetro solicitado por los procedimientos de diseño como el método AASHTO. En la figura 25 se observa la variabilidad de los valores de  $M_R$  y su interdependencia con la ecuación de correlación utilizada.

Cabe destacar, que en la determinación del  $M_R$  con ecuaciones de correlación, sigue siendo limitante la variabilidad de los valores de CBR debido a las condiciones del estado del suelo. El valor de CBR es diferente si se realiza el ensayo para un estado de suelo húmedo, saturado o seco-saturado que representaría las posibles condiciones del suelo a través de un período cíclico estacional de comportamiento del suelo.

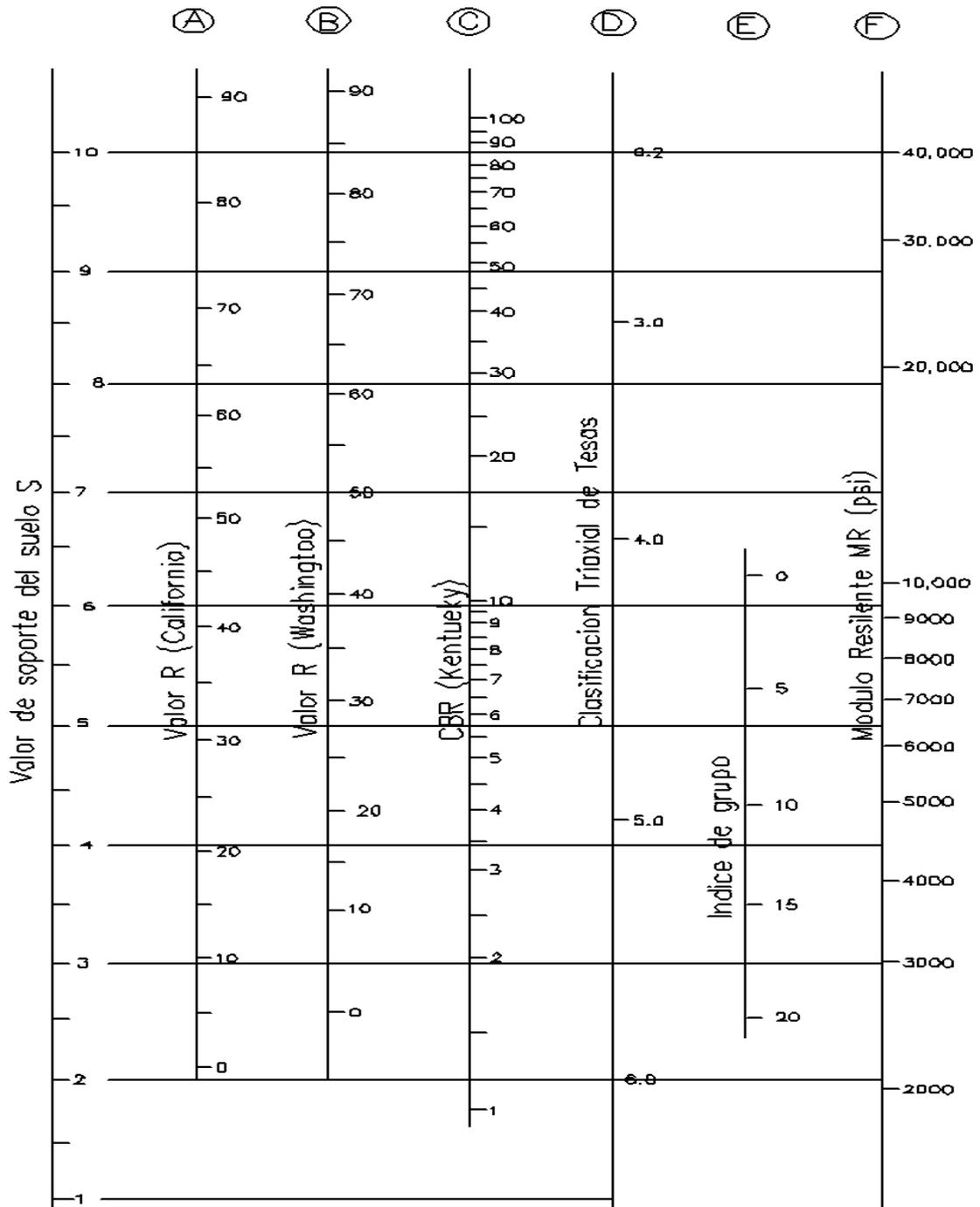
Figura 25 Módulo Resiliente vs CBR



Fuente: “Modelaje y caracterización del comportamiento de los materiales con fines de diseño de pavimentos”, publicado por el Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).

En la figura 26 hay correlaciones entre el  $M_R$  y otros ensayos. Como precaución es necesario aclarar que estas correlaciones son empíricas y permiten relacionarlas con el  $M_R$ , pero de ninguna manera entre sí.

Figura 26 Correlaciones con el Módulo Resiliente



Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993"

### 2.2.21. Refuerzos flexibles

#### - Concreto asfáltico como material de refuerzo

El método más común para rehabilitar pavimentos existentes de concreto de cemento portland, es utilizando capas de concreto asfáltico en caliente o hot-mix asphalt concrete (HMAC, por sus siglas en ingles).

El concreto asfáltico es la mezcla de agregados pétreos, cemento asfáltico y filler. Los agregados aportan resistencia a la mezcla debido a su rozamiento interno; el cemento asfáltico es el material que se encarga de ligar la mezcla, es decir de formar un aglomerado; el filler es un modificador del asfalto que aumenta la cohesión interna del ligante y mejora el comportamiento a fatiga del mismo. Asimismo, el concreto asfáltico debe poseer una cantidad de ligante asfáltico, que conforme a un huso granulométrico se cumplan las condiciones requeridas para el diseño.

El grado de viscosidad a utilizar en cada área debe ser seleccionado en función del clima.

Para climas fríos, se deben usar cementos asfálticos de bajo grado de viscosidad para resistir la fisuración por baja temperatura. En climas cálidos se deben usar cementos asfálticos de alto grado de viscosidad para evitar el ahuellamiento.

A diferencia del concreto de cemento portland, en el cual el módulo elástico no varía con la temperatura, el módulo resiliente del concreto asfáltico depende de la temperatura, a mayor temperatura el  $M_R$  disminuye y por lo tanto el concreto asfáltico se vuelve mas deformable, a menor temperatura el  $M_R$  aumenta y la mezcla se torna más rígida lo que produce fisuras transversales.

Los espesores mínimos necesarios para rehabilitar estructuralmente un pavimento de concreto con refuerzos de concreto asfáltico, según la Dirección General de Carreteras de España, se indican en la tabla 08, en el Perú no hay una norma al respecto. Los valores correspondientes a las categorías de tráfico pesado T32 y T4, pueden no ser suficientes para evitar la reflexión de fisuras durante la vida útil prevista; sin embargo, la reflexión de fisuras puede ser aceptable en este tipo de vías, en las que no es previsible un deterioro importante y acelerado del refuerzo de concreto asfáltico, debido a la reducida intensidad del tráfico pesado.

Tabla 08 Espesores de refuerzos de concreto asfáltico (cm)

Tipo de tratamiento del pavimento existente	Categoría de tráfico pesado					
	T00	T0	T1	T2 – T31	T32	T4
Rotura controlada y asentamiento del pavimento existente	25	20	16	12	9	6
Interposición de un dispositivo de control de reflexión de fisuras *	20	15	12	10	7	4

Fuente: Manual de rehabilitación de pavimentos, INVIAS

La categoría de tráfico pesado presentada en la tabla anterior, se muestra a continuación, donde TMDA es el Tráfico Medio Diario Anual.

T00 :  $TMDA \geq 4000$

T0 :  $2000 \leq TMDA < 4000$

T1 :  $800 \leq TMDA < 2000$

T2 : 200 <= TMDA < 800

T31 : 100 <= TMDA < 200

T32 : 50 <= TMDA < 100

T4 : TMDA < 50

Fuente: Manual de rehabilitación de pavimentos, INVIAS

El refuerzo de concreto asfáltico presenta las siguientes ventajas y desventajas:

### **Ventajas**

- Es de fácil y rápida aplicación.
- La interrupción del tráfico es mínima.
- Tiene un costo muy competitivo en comparación con otras técnicas de rehabilitación.

### **Desventajas**

Ahuellamientos en la superficie del pavimento.

- Presenta reflexión de fisuras, si es que no se ha colocado un dispositivo de control de éstas.
- No se utiliza en vías de alto volumen de tráfico pesado, porque se requiere un refuerzo de gran espesor, lo cual no es económico.
- En pasos a bajo nivel cuando las condiciones de galíbo no permiten colocar el refuerzo.

## **2.2.22. Refuerzo sobre pavimentos de concreto previamente fracturados**

### **- Determinación del espesor de refuerzo**

El espesor de refuerzo a colocar es función de la capacidad estructural requerida para el tránsito futuro y la capacidad estructural del pavimento de concreto fracturado. El espesor se determina con la siguiente ecuación:

$$D_{ol} = \frac{SN_f - SN_{ef}}{a_{ol}} = \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 12$$

Dónde:

$SN_{ol}$  = Número estructural requerido para el refuerzo.

$a_{ol}$  = Coeficiente estructural para el refuerzo de concreto asfáltico.

$D_{ol}$  = Espesor requerido del refuerzo.

$SN_f$  = Número estructural requerido para soportar el tránsito futuro.

$SN_{ef}$  = Número estructural efectivo del pavimento luego del fracturado.

Este tipo de refuerzo sólo es aplicable en casos que el pavimento de concreto se encuentre muy deteriorado, ya que las técnicas de fracturado están más justificadas en éste tipo de pavimentos que en los poco deteriorados, dado que es más fácil lograr un buen fracturado en un pavimento muy roto.

Para calcular el espesor de refuerzo se debe determinar el número estructural requerido para el tránsito futuro, así como también el número estructural efectivo del pavimento existente como veremos a continuación.

#### **A. Determinación del número estructural requerido para el tránsito futuro ( $SN_f$ ).**

Para calcular el número estructural requerido para el tránsito futuro, el refuerzo se diseña como si se tratará de un pavimento flexible, donde la losa de concreto fracturada actúa como una “base granular”. Los pasos para determinar  $SN_f$  se indican a continuación.

1. Determinar la cantidad de ESALs previstos durante el período de diseño. Se deben usar factores equivalentes de carga correspondientes a pavimentos flexibles. Si el tránsito futuro fue previsto para un pavimento rígido, el número de ESALs debe ser convertido en un número para pavimentos flexibles dividiendo por 1.5.
2. Determinar el módulo resiliente de la subrasante por cualquiera de los siguientes métodos:
  - Ensayos de laboratorio.
  - Ensayos no destructivos (NDT, por sus siglas en inglés).
  - Estimación mediante correlación.
3. Seleccionar la pérdida de serviciabilidad de diseño, que es la diferencia entre la serviciabilidad inmediatamente después de colocar el refuerzo y la serviciabilidad en el momento de la próxima rehabilitación.

En el diseño del refuerzo, al igual que en el diseño de pavimentos, se deben elegir la serviciabilidad inicial y final, de acuerdo a los criterios en la sección 2.2.24 parte d.

4. Seleccionar la confiabilidad R de diseño de la tabla 13, de acuerdo a los criterios vistos en la sección 2.2.24 parte b.
5. Seleccionar la desviación estándar ( $S_0$ ). Para el caso de pavimentos flexibles los valores de  $S_0$  varían entre 0.44 y 0.49.

Con estos datos se puede determinar  $SN_f$  por cualquiera de los siguientes métodos:

- Empleo de la fórmula de diseño, procedimiento algo tedioso por lo complicado de la misma.
- Por el uso de ábacos de diseño (figura 27), procedimiento no muy exacto.
- Mediante programas de computación, como es el caso del software P.A.S (Pavement Analysis Software), que es el programa que vamos a utilizar en la presente tesis para el cálculo del espesor de refuerzo.

La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles es:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Dónde:

**W<sub>18</sub>** = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.

**Z<sub>R</sub>** = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

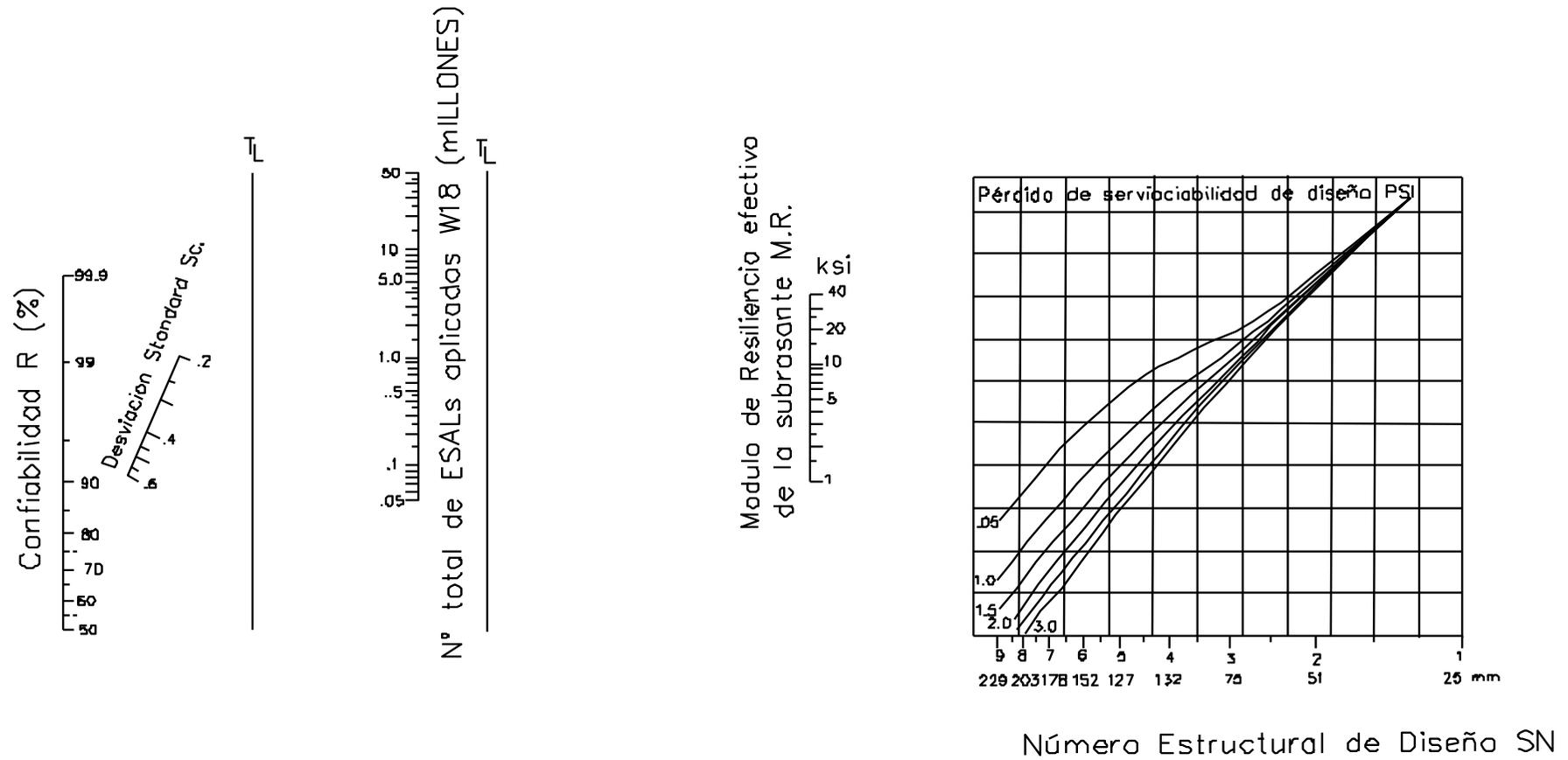
**S<sub>0</sub>** = Desvío estándar de todas las variables.

**ΔPSI** = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

**M<sub>R</sub>** = Módulo resiliente de la subrasante en psi.

**SN** = Número estructural indicativo del espesor total de pavimento requerido.

Figura 27 Ábaco de diseño para pavimentos flexibles



Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993.

## B. Determinación del número estructural efectivo del pavimento existente (SN<sub>ef</sub>)

SN<sub>ef</sub> se determina con la ecuación del número estructural:

$$SN_{ef} = a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 13$$

Dónde:

D<sub>2</sub> = Espesor de la losa fracturada.

D<sub>3</sub> = Espesor de la subbase.

a<sub>2</sub> = Coeficiente estructural para la losa fracturada. Se recomienda los valores sugeridos en la tabla 09, que dependen de la técnica de fracturado utilizada.

a<sub>3</sub> = Coeficiente estructural de la subbase. Se determina mediante correlación con otros parámetros resistentes (figura 28), como son: CBR, módulo resiliente, etc.

m<sub>2</sub> = Coeficiente de drenaje. Para m<sub>2</sub> AASHTO recomienda un valor igual a 1.0 debido a la falta de información de las características de drenaje de la losa fracturada.

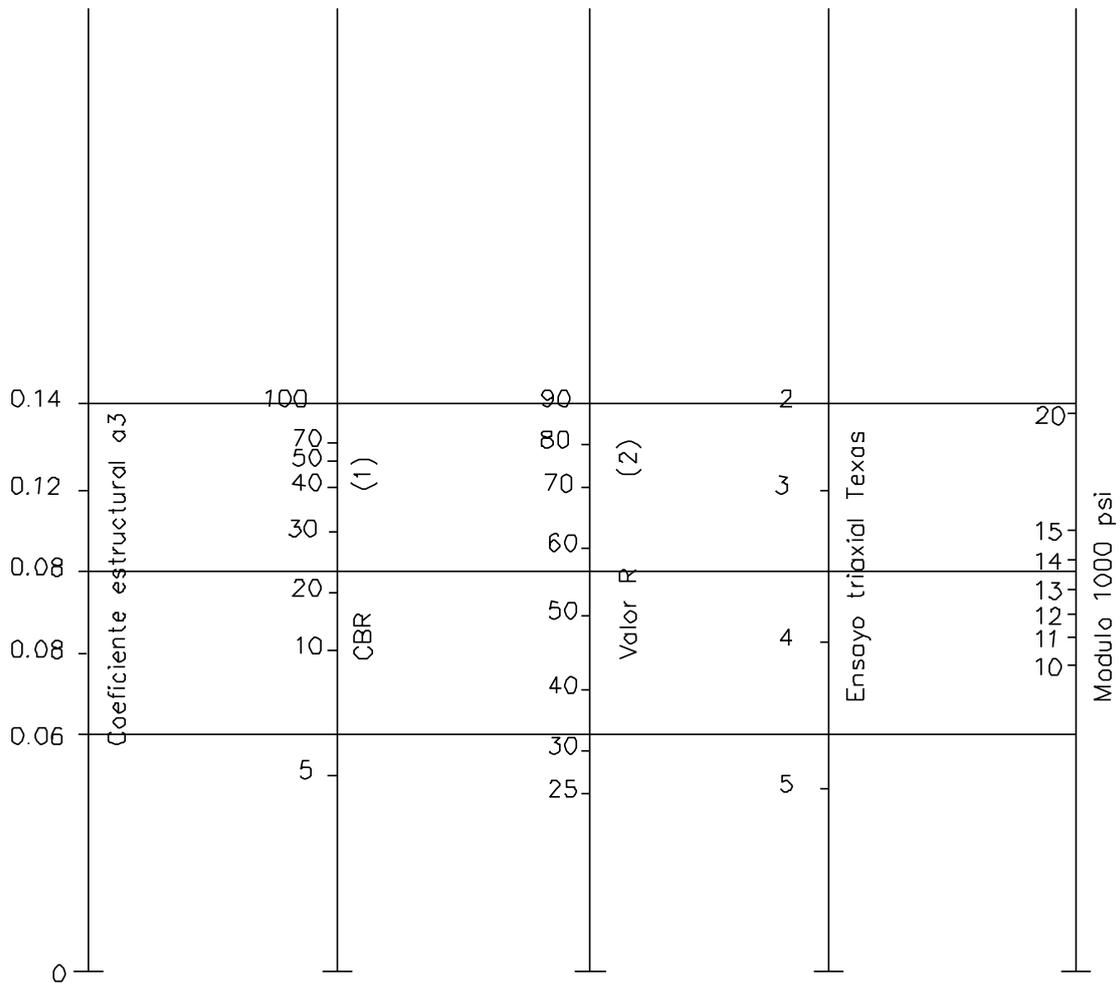
m<sub>3</sub> = Coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles (tabla 10). Los valores se seleccionan de acuerdo a las características de drenaje.

Tabla 09 Valores sugeridos para coeficientes estructurales para losas fracturadas

MATERIAL	ESTADO DE LA LOSA	COEFICIENTE
C°A° (concreto armado) con juntas Rotura y asentamiento	Trozos mayores de 0.30 m (1 pie) con armadura rota o por lo menos sin adherencia con el concreto	0.20 – 0.35
C°S° (concreto simple) Fisurado y asentamiento	Trozos entre 0.3 y 1.0 m (1 a 3 pie)	0.20 – 0.35
Triturado y compactado (válido para C°S°, C°A° c/juntas, C°A° continuo)	Losa completamente fracturada con trozos menores de 0.3 m ( 1 pie)	0.14 – 0.30
Base o subbase granular o estabilizada	Sin evidencia de degradación o intrusión de finos	0.10 – 0.14
	Alguna evidencia de degradación o intrusión de finos	0.00 – 0.14

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”

Figura 28 Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes



Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”

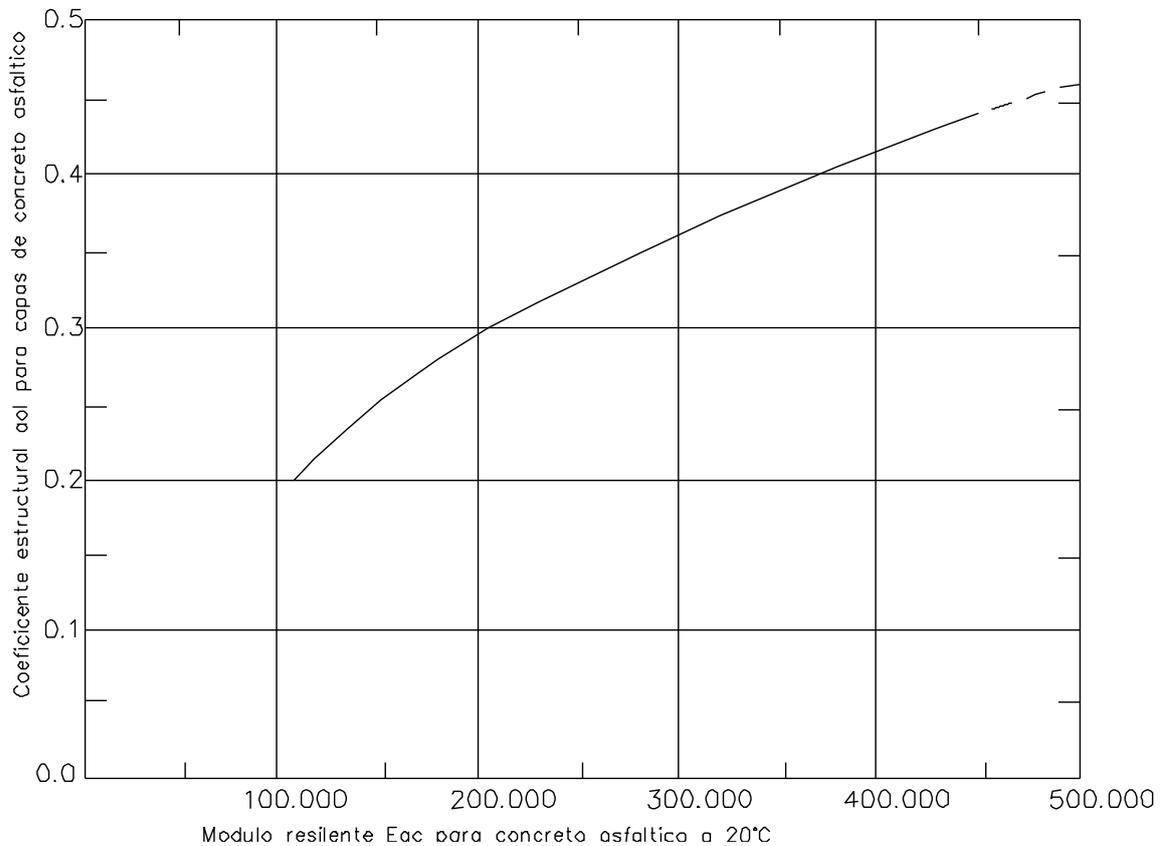
Tabla 10 Coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”

La figura 28 muestra una carta que puede utilizarse para estimar el coeficiente estructural para capas de concreto asfáltico (a<sub>3</sub>) de gradación densa en función del módulo de resiliencia.

Figura 29 Carta para determinar el coeficiente estructural de capas asfálticas en función del módulo resiliente



Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”

### 2.2.23. Procedimiento constructivo

Antes de colocar el refuerzo de concreto asfáltico, se procede al fracturamiento de la losa de concreto. Esta técnica está más justificada en pavimentos muy deteriorados, que en aquellos con escaso nivel de deterioro, dado que es más fácil lograr un buen fracturado en un pavimento muy roto, y por otro lado en este tipo de pavimentos será más costoso reparar fisuras antes de colocar el refuerzo.

Las técnicas de fracturado son: triturado y compactado, fisurado y asentamiento, rotura y asentamiento; y tienen por objeto reducir el tamaño de los trozos de concreto y así minimizar los movimientos horizontales inducidos por la temperatura y los movimientos verticales que tendrían lugar en las fisuras y juntas existentes, con el fin de minimizar la ocurrencia y severidad de reflexión de fisuras en el refuerzo. A continuación se describirá someramente cada una de estas técnicas.

#### a) Triturado y compactado.

Consiste en fracturar completamente cualquier tipo de losa de concreto (concreto simple, armado con juntas o continuo), con el fin de convertir éste en un material “granular”.

Luego del fracturado se compacta el material resultante con dos o más pasadas de un rodillo vibratorio de 10 tn de peso para transformarlo en una base granular de granresistencia, como se puede apreciar en la figura 30 y 31.

**b) Fisurado y asentamiento.**

Consiste en fisurar un pavimento de concreto simple en trozos de 1 a 3 pies (30 a 90 cm), y asentar luego los trozos firmemente en su fundación, como se puede apreciar en la figura 30 Para evitar problemas de reflexión de fisuras se recomienda que no más del 5 % de los trozos resultantes tengan un módulo de resiliencia mayor a  $1 \times 10^6$  psi (7000 MPa).

**c) Rotura y asentamiento.**

Consiste en romper un pavimento de concreto armado con juntas en trozos mayores de 1 pie (30 cm), cuidando de romper también la armadura o por lo menos su adherencia y asentar luego los trozos firmemente en su fundación. Si no se logra esto, habrá movimientos diferenciales en las juntas de trabajo y en las fisuras; y como consecuencia reflexión de fisuras.

Lo más recomendable para los pavimentos de concreto armado con juntas se aconseja el uso de triturado y compactado para asegurar la rotura total de la continuidad de la losa.

Para romper las armaduras o su adherencia con el concreto, es necesario el uso de potentes equipos, como el martillo de caída libre (drop hammer). Esto debe ser verificado en el campo con ensayos de deflexión para determinar que se ha perdido el efecto de losa por el proceso de rotura. El asentamiento se hace con varias pasadas de rodillo neumático de 35 a 50 tn de peso.

Después del fracturado, es conveniente reparar todo aquello que no brinde un soporte uniforme, y en general no será necesario implementar un dispositivo de control de reflexión de fisuras. Finalmente se colocará un riego de liga para asegurar una completa adherencia con el refuerzo.

Figura 30 Losa de concreto después de ser triturada



Figura 31 Losa de concreto después de ser fisurada



#### 2.2.24. Diseño de pavimento rígido

El diseño del pavimento rígido involucra el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima, características de los suelos, capacidad de transferencia de carga, nivel de serviciabilidad deseado, y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la carretera. Todos estos factores son necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio.

La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\text{Log}W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \log \left[ \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{K}\right]^{0.25}} \right]} \right]$$

Dónde:

$W_{18}$  = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.

$Z_R$  = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

$S_0$  = Desvío estándar de todas las variables.

D = Espesor de la losa del pavimento en pulg.

$\Delta\text{PSI}$  = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

$P_t$  = Serviciabilidad final.

$S'_c$  = Módulo de rotura del concreto en psi.

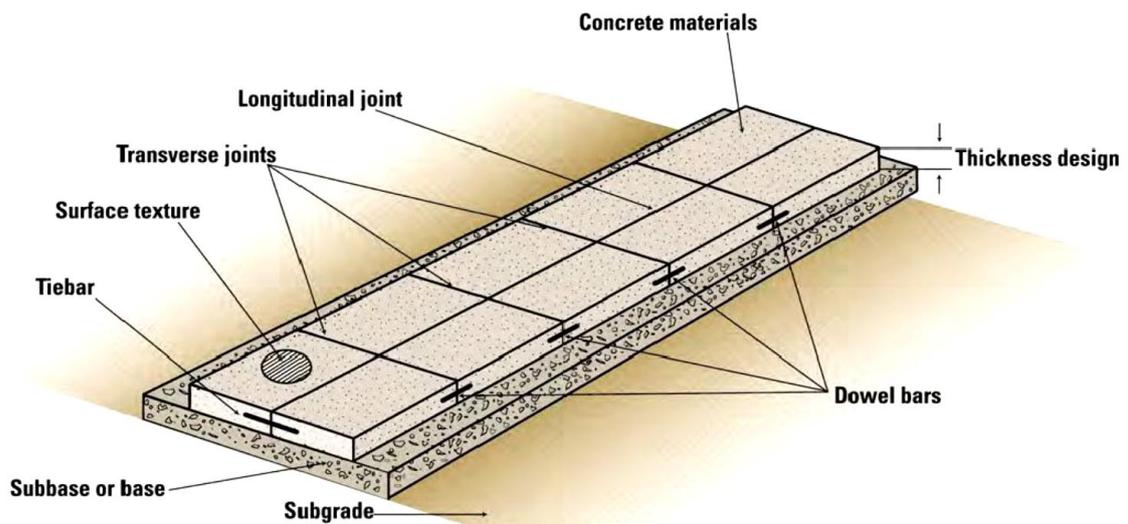
J = Coeficiente de transferencia de carga.

Cd = Coeficiente de drenaje.

E<sub>C</sub> = Módulo de elasticidad del concreto, en psi.

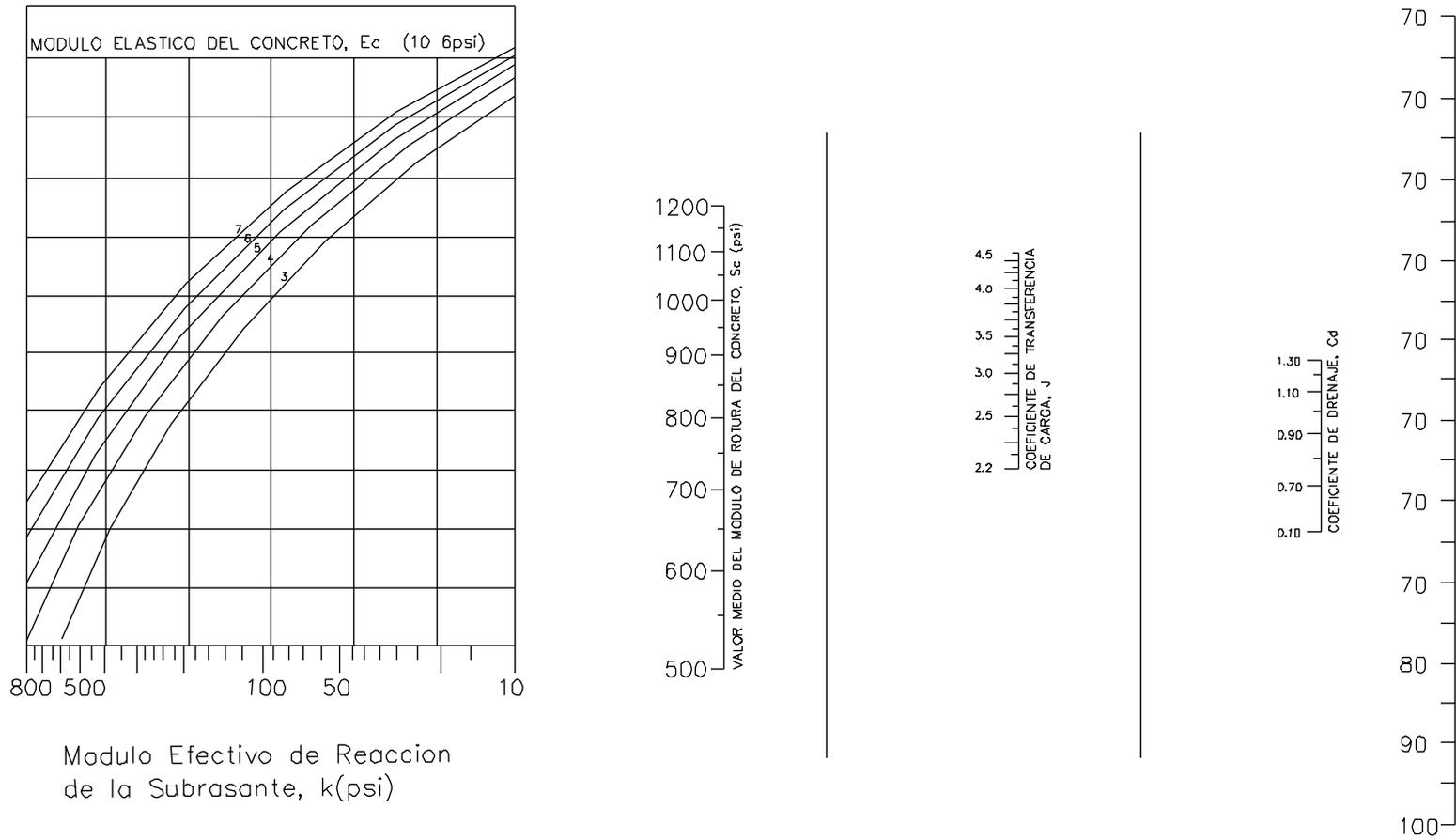
K = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balastro), en pci (psi/pulg).

Figura 32 Elementos principales de un pavimento de hormigón



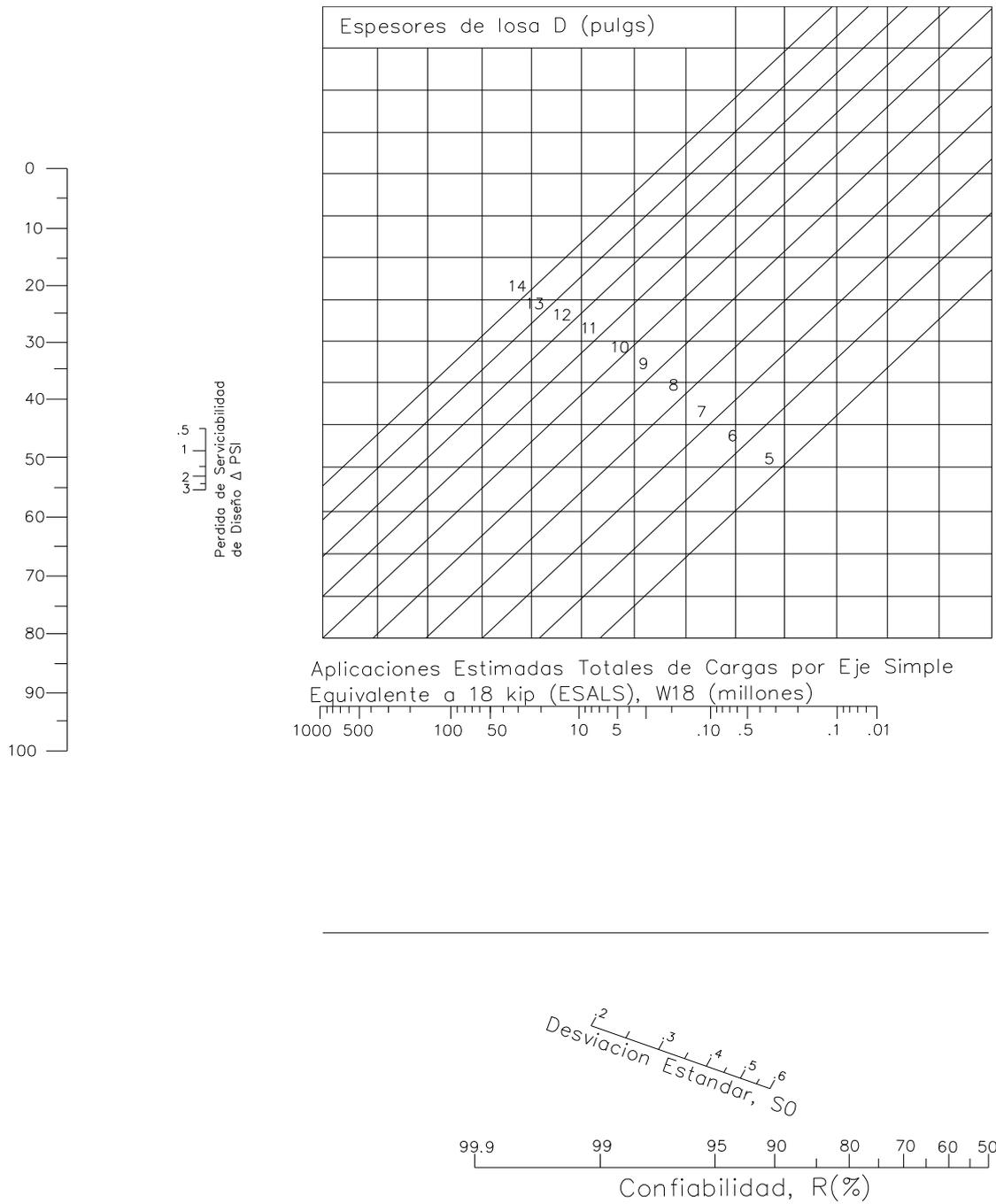
Fuente: ACPA pavement construction

Figura 33 (a) ábaco para el diseño de pavimentos rígidos



Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”

Figura 33 (b) ábaco para el diseño de pavimentos rígidos



Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993"

## 2.2.25. Variables de diseño

### a. Variable de tiempo

Se consideran dos variables: período de análisis y vida útil del pavimento. La vida útil se refiere al tiempo transcurrido entre la puesta en operación del camino y el momento en el que el pavimento requiera rehabilitarse, es decir, cuando éste alcanza un grado de serviciabilidad mínimo. El período de análisis se refiere al período de tiempo para el cual va a ser conducido el análisis, es decir, el tiempo que puede ser cubierto por cualquier estrategia de diseño. Para el caso en el que no se considere rehabilitaciones, el período de análisis es igual al período de vida útil; pero si se considera una planificación por etapas, es decir, una estructura de pavimento seguida por una o más operaciones de rehabilitación, el período de análisis comprende varios períodos de vida útil, el del pavimento y el de los distintos refuerzos.

Para efectos de diseño se considera el período de vida útil, mientras que el período de análisis se utiliza para la comparación de alternativas de diseño, es decir, para el análisis económico del proyecto. Los períodos de análisis recomendados son mostrados en la tabla 11.

Tabla 11 Períodos de análisis

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERÍODO DE ANÁLISIS (AÑOS)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

### b. Transito

En el método AASHTO los pavimentos se proyectan para que éstos resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en éste. Para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito se transforma a un número de cargas por eje simple equivalente de 18 kips (80 kN) ó ESAL (Equivalent Single Axle Load), de tal manera que el efecto dañino de cualquier eje pueda ser representado por un número de cargas por eje simple.

### c. Confiabilidad

La confiabilidad es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o período de diseño, resistiendo las condiciones de tráfico y medio ambiente dentro de dicho período. Cabe resaltar, que cuando hablamos del comportamiento del pavimento nos referimos a la capacidad estructural y funcional de

éste, es decir, a la capacidad de soportar las cargas impuestas por el tránsito, y asimismo de brindar seguridad y confort al usuario durante el período para el cual fue diseñado. Por lo tanto, la confiabilidad está asociada a la aparición de fallas en el pavimento.

La confiabilidad (R) de un pavimento puede definirse en términos de ESALs como:

$$R(\%) = 100 P(N_t > N_T) \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 14$$

Dónde:

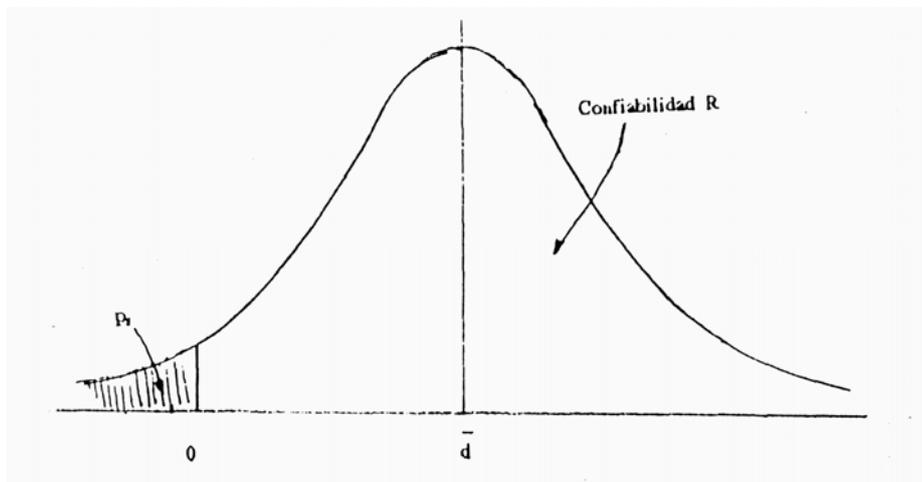
$N_t$  = Número de ESALs de 80 kN que llevan al pavimento a su serviciabilidad final.

$N_T$  = Número de ESALs de 80 kN previstos que actuarán sobre el pavimento en su período de diseño (vida útil).

Como  $N_t$  y  $N_T$  tienen una distribución normal, la diferencia entre ambas, también tendrá una distribución normal, como se puede apreciar en la figura 34.

Por lo tanto, la probabilidad de falla es:

Figura 34 Ilustración de los conceptos de probabilidad de falla y de confiabilidad



Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

Es fácil deducir que si el número de ESALs previstos es menor que el número de ESALs reales, la vida útil del pavimento se acortará. Por lo tanto, la variabilidad en el diseño, en la construcción afecta en gran medida la bondad de un diseño, por ejemplo:

- La variación en las propiedades de los materiales a lo largo del pavimento produce como resultado una variación en el desarrollo de fallas y rugosidades en ese pavimento. Las fallas localizadas en zonas débiles dan como resultado una disminución en la vida útil del pavimento.
- La variación de la ubicación de los pasadores en las juntas y profundidad de colocación de la armadura da como resultado una variación en el desarrollo de fallas y rugosidades.

- La variación entre los datos de diseño del pavimento y los reales puede significar un aumento o disminución de la vida útil del mismo.

La desviación estándar es la desviación de la población de valores obtenidos por AASHTO que involucra la variabilidad inherente a los materiales y a su proceso constructivo. En la tabla 12 se muestran valores para la desviación estándar.

Tabla 12 Valores para la desviación estándar

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S <sub>0</sub> )	
	Pav. rígido	Pav. flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.39	0.49

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

El rango de valores:

0.30 - 0.40 pavimentos rígidos

0.40 - 0.50 pavimentos flexibles

0.40 para sobrecapas pavimento rígido.

0.50 para sobrecapas pavimento flexible.

El número de ESALs de diseño para una confiabilidad dada es:

$$\log(\text{ESALs}_{\text{diseño}}) = \log N_T + Z_R \times S_0 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 15$$

Donde Z<sub>R</sub> es el área bajo la curva de distribución, correspondiente a la curva estandarizada.

Para la selección del nivel de confiabilidad debe tenerse en cuenta dos aspectos:

- **Grado de importancia**

Tiene que ver con el uso esperado de la carretera. Así, para carreteras principales el nivel de confiabilidad es alto, ya que un subdimensionamiento del espesor del pavimento traerá como consecuencia que éste alcance los niveles mínimos de serviciabilidad antes de lo previsto, debido al rápido deterioro que experimentará la estructura. En la tabla 13 se dan niveles de confiabilidad aconsejados por la AASHTO.

Tabla 13 Niveles de Confiabilidad

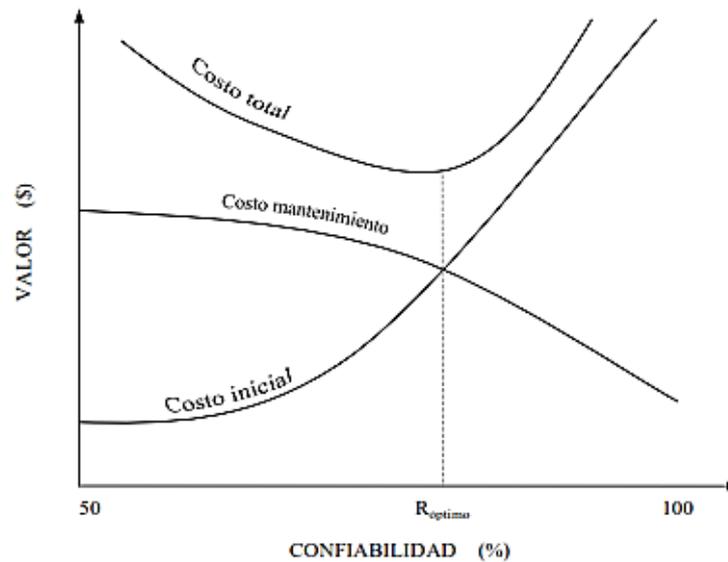
Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

## - b) Optimizar el espesor de pavimento

Se debe determinar el nivel de confiabilidad óptimo que me asegure el costo total más bajo, es decir, que balancee apropiadamente el costo inicial y los costos de mantenimiento como se muestra en la figura 35. Si el espesor es mayor de lo necesario, el pavimento prestará un buen servicio, con bajos costos de mantenimiento, pero el costo de inversión inicial será alto. Todo lo contrario, sucede cuando el espesor es menor de lo necesario.

Figura 35 Nivel óptimo de confiabilidad



Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

## d. Serviciabilidad

La serviciabilidad se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vialidad. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, peladuras, etc. que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural).

El concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales resumidos como sigue:

1. Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
2. El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
3. La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad.
4. Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.

5. El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

Cuando el conductor circula por primera vez o en repetidas ocasiones sobre una vialidad, experimenta la sensación de seguridad o inseguridad dependiendo de lo que ve y del grado de dificultad para controlar el vehículo. El principal factor asociado a la seguridad y comodidad del usuario es la calidad de rodamiento que depende de la regularidad o rugosidad superficial del pavimento. La valoración de este parámetro define el concepto de Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en inglés).

El PSI califica a la superficie del pavimento de acuerdo a una escala de valores de 0 a 5. Claro está que, si el usuario observa agrietamientos o deterioros sobre la superficie del camino aún sin apreciar deformaciones, la clasificación decrece.

El diseño estructural basado en la serviciabilidad considera necesario determinar el índice de serviciabilidad inicial ( $P_0$ ) y el índice de serviciabilidad final ( $P_t$ ), para la vida útil o de diseño del pavimento.

- **Índice de serviciabilidad inicial ( $P_0$ )**

El índice de serviciabilidad inicial ( $P_0$ ) se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO estableció para pavimentos rígidos un valor inicial deseable de 4.5 y para pavimentos flexibles ASSHTO recomienda 4.2, si es que no se tiene información disponible para el diseño.

- **Índice de serviciabilidad final ( $P_t$ )**

El índice de serviciabilidad final ( $P_t$ ), ocurre cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario.

Dependiendo de la importancia de la vialidad, pueden considerarse los valores  $P_t$  indicados en la tabla 14

Tabla 14 Índice de serviciabilidad final

<b>Pt</b>	<b>Clasificación</b>
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

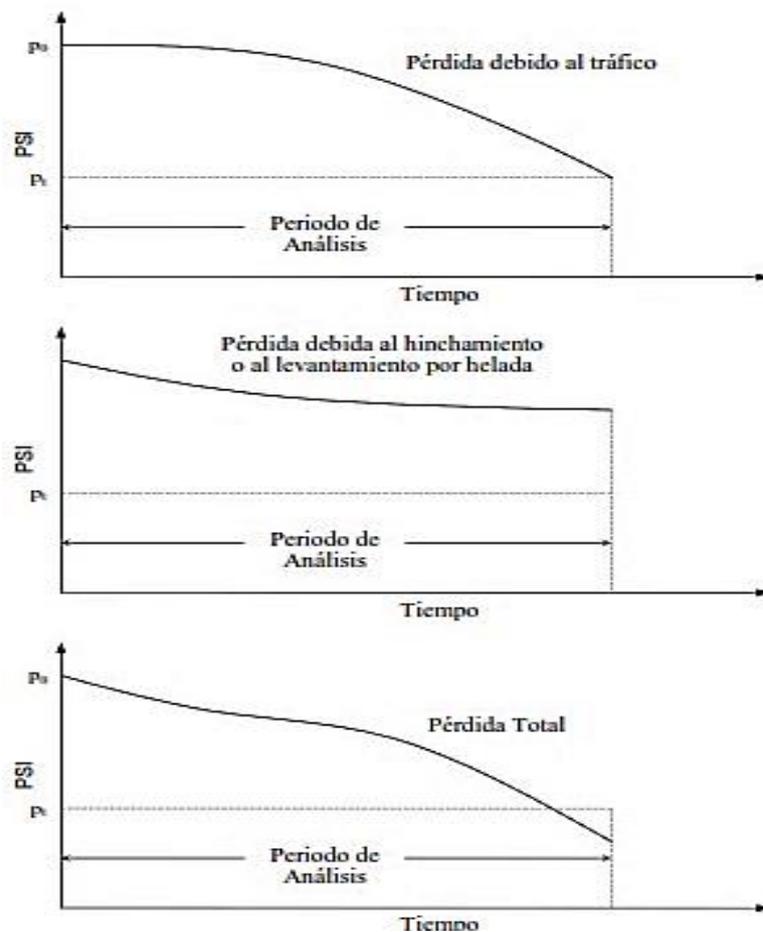
La pérdida de serviciabilidad se define como la diferencia entre el índice de servicio inicial y terminal.

$$\Delta PSI = P_0 - P_t \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 16$$

Los factores que influyen mayormente en la pérdida de serviciabilidad de un pavimento son: tráfico, medio ambiente y edad del pavimento Los efectos que causan éstos factores

en el comportamiento del pavimento han sido considerados en este método. El factor edad (tiempo) no está claramente definido. Sin embargo, en la mayoría de los casos es un factor negativo neto que contribuye a la reducción de la serviciabilidad. El efecto del medio ambiente considera situaciones donde se encuentran arcillas expansivas o levantamientos por helada. Así, el cambio total en el PSI en cualquier momento puede ser obtenido sumando los efectos dañinos del tráfico, arcillas expansivas y/o levantamientos por helada, como se muestra en la figura 36.

Figura 36 Tendencia en el comportamiento de los pavimentos



Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

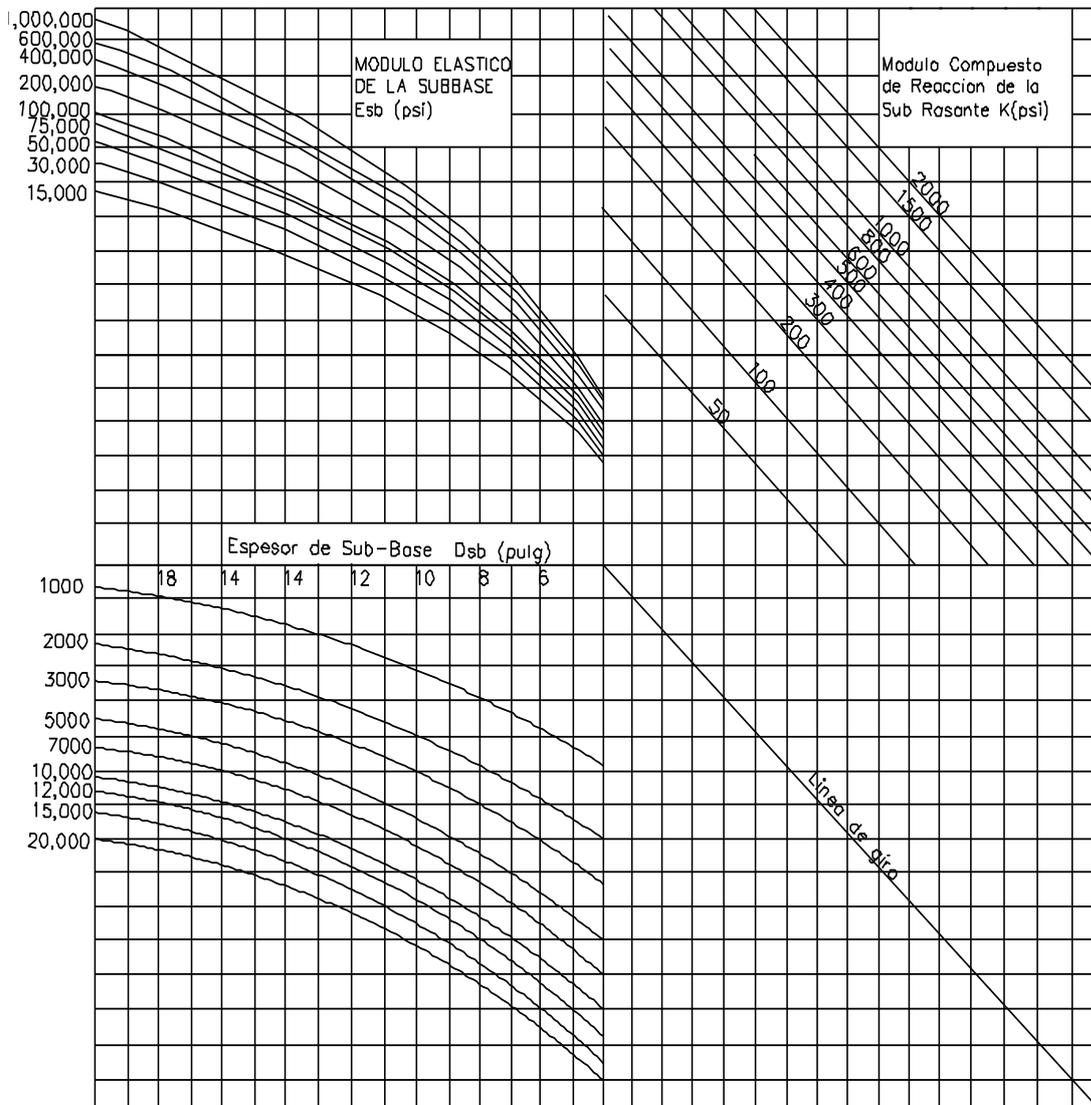
**e. Módulo efectivo de reacción de la sub rasante ( $k_{\infty}$ )**

Este factor nos da idea de cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga, dividido por la deflexión en pulgadas para esa carga. Los valores de  $k$  son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (pci).

Puesto que la prueba de carga sobre placa, requiere tiempo y es costosa, el valor de  $k$  es estimado generalmente por correlación con otros ensayos simples, tal como la razón de soporte californiana (CBR) o las pruebas de valores  $R$ . El resultado es válido porque no se

requiere la determinación exacta del valor  $k$ ; las variaciones normales para un valor estimado no afectarán apreciablemente los requerimientos de espesores del pavimento. Las relaciones de la figura 37 son satisfactorias para propósitos de diseño.

Figura 37 Relación aproximada entre los valores  $k_{\infty}$  y otras propiedades del suelo



Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

#### f. Módulo de rotura del concreto

Es un parámetro muy importante como variable de entrada para el diseño de pavimentos rígidos, ya que va a controlar el agrietamiento por fatiga del pavimento, originado por las cargas repetitivas de camiones. Se le conoce también como resistencia a la tracción del concreto por flexión.

El módulo de rotura requerido por el procedimiento de diseño es el valor medio determinado después de 28 días utilizando el ensayo de carga en los tercios. De esta

manera, se obtiene en el tercio medio una zona sometida a un momento flector constante igual a  $PL/3$  y la rotura se producirá en cualquier punto de este tercio medio con la única condición que exista allí una debilidad. Este ensayo es recomendable frente al ensayo de carga en el punto medio, en el cuál la rotura se producirá indefectiblemente en dicho punto (punto de aplicación de la carga) donde el momento flector es máximo.

El módulo de rotura también se puede determinar a través de las siguientes correlaciones:

1. Estimación a través de la resistencia a compresión del concreto.

$$S_c = K(f_c')^{0.5} \quad 7 < K < 12 \quad \dots\dots\dots\text{Ecuación N}^\circ 17$$

Dónde:  $f_c'$  = resistencia a compresión del concreto en psi.

2. Estimación a través de la resistencia a la tracción indirecta.

$$S_c = 210 + 1.02 IT \quad \dots\dots\dots\text{Ecuación N}^\circ 18$$

Dónde: IT = Tracción indirecta medida en las probetas en psi.

Los valores del módulo de rotura varían entre 2.8 MPa (400 psi) y 4.8 MPa (700 psi), llegando incluso a valores de 8.2 MPa (1200 psi), en concretos con alta resistencia inicial.

**g. Módulo de elasticidad del concreto**

Es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. Las deflexiones, curvaturas y tensiones están directamente relacionadas con el módulo de elasticidad del concreto. En los pavimentos de concreto armado continuo, el módulo de elasticidad junto con el coeficiente de expansión térmica y el de contracción del concreto, son los que rigen el estado de tensiones en la armadura. Para concreto de peso normal, el Instituto del Concreto Americano sugirió:

$$E_c = 57000x(f_c')^{0.5} \quad \dots\dots\dots\text{Ecuación N}^\circ 19$$

Donde  $f_c'$  y  $E_c$  están dados en psi.

**h. Drenaje**

El proceso mediante el cual el agua de infiltración superficial o agua de filtración subterránea es removida de los suelos y rocas por medios naturales o artificiales, se llama drenaje. El drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de pavimentos.

El agua es el causante principal del deterioro de la estructura del pavimento, porque origina muchos efectos devastadores en él; siendo el peor, la pérdida de soporte del pavimento.

Para minimizar los efectos del agua sobre los pavimentos se debe:

- Prevenir el ingreso del agua al pavimento (drenaje superficial).
- Proveer de un drenaje para remover el agua rápidamente (drenaje subterráneo).
- Construir un pavimento suficientemente fuerte para resistir el efecto combinado de carga y agua.

Como es imposible impedir el ingreso del agua a la estructura del pavimento; es necesario la construcción de un sistema de subdrenaje que permita remover rápidamente esta agua.

En la actualidad se están utilizando subbases altamente permeables y drenes laterales para evacuar rápidamente el agua. La sección típica de una subbase permeable con diferentes tipos de berma se muestra en la figura 38a y 38b .

Los materiales de drenaje incluyen: agregados, geotextiles y tuberías. Los agregados se usan como capas de drenaje y drenes franceses o como material de filtro para sus protecciones. Los geotextiles son usados para reemplazar agregados como filtros. Las tuberías pueden ser perforadas, ranuradas o de junta abierta, siendo colocadas dentro de los drenes franceses para recolectar agua.

Figura 38a Sección de una base permeable con una berma de concreto

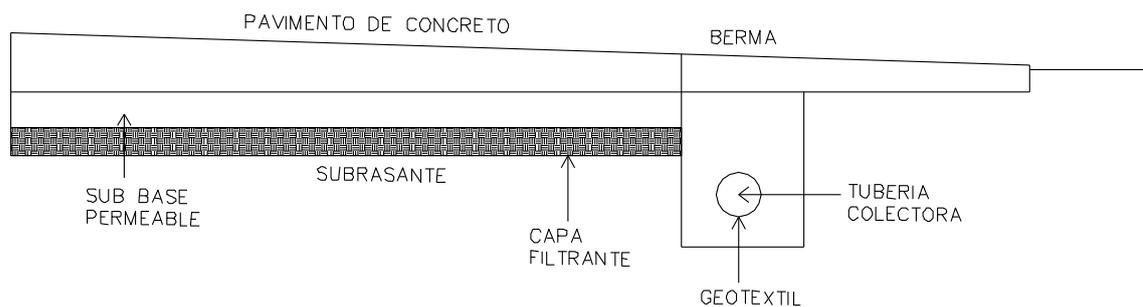
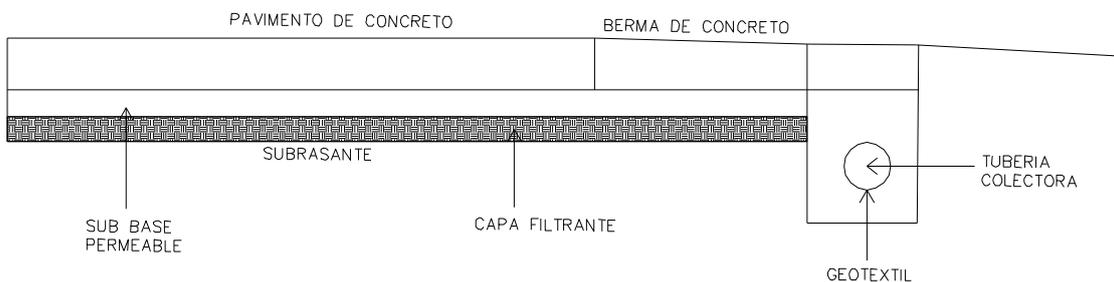


Figura 38b Sección de una base permeable con una berma de asfalto



Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

Los efectos del drenaje sobre el comportamiento del pavimento han sido considerados en el método AASHTO 93 por medio de un coeficiente de drenaje (Cd). El drenaje es tratado considerando el efecto del agua sobre las propiedades de las capas del pavimento y sus consecuencias sobre la capacidad estructural de éste; y además el efecto que tiene sobre el coeficiente de transferencia de carga en pavimentos rígidos.

La tabla 15 proporciona los valores recomendados por la AASHTO para el coeficiente de drenaje Cd, que depende de la propiedad con que cuentan las capas que constituyen la estructura del pavimento para liberar el agua libre entre sus granos, en función del tiempo durante el cual la estructura del pavimento está expuesta normalmente expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Tabla 15 Valores recomendados del coeficiente de drenaje (Cd) para el diseño

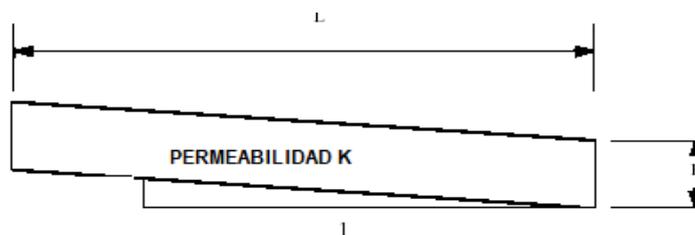
Ca	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
		< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	2 horas	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

Para elegir cualquiera de los coeficientes de la tabla anterior, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Calcular el tiempo de drenaje de la subbase, para lo cual hay dos requerimientos de diseño. El primero, la capacidad del estado permanente debe ser mayor que la tasa de flujo interior y el segundo, la capacidad del estado no permanente debe ser tal que el agua pueda ser drenada rápidamente después de cada evento de precipitación. La figura 39 muestra las dimensiones de la capa de drenaje.

Figura 39 Dimensión de la capa de drenaje



Fuente: “Diseño del subdrenaje de pavimentos en el Norte Peruano”.

Para el caso del flujo de estado no permanente, Casagrande y Shanon (1952) mostraron que el tiempo para que el suelo drene el 50 % de su agua libre, puede ser calculado por la siguiente ecuación.

$$t_{50} = \frac{n_e L^2}{2K(H+SL)} \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 18$$

Dónde:

$t_{50}$  = tiempo para 50 % de drenaje.

$n_e$  = porosidad efectiva, la cual es la porosidad ocupada por el agua drenable.

k = permeabilidad de la capa de drenaje.

S = pendiente de la capa de drenaje.

H = espesor de la capa de drenaje.

L = longitud de la capa de drenaje.

Para un drenaje excelente, la AASHTO exige que el agua sea removida dentro de 2 hr.

1. Seleccionar una calidad de drenaje en función del tiempo de drenaje calculado.
2. Estimar el tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.
3. Con la calidad drenaje y el porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, se elige el coeficiente de drenaje Cd según sea el caso.

### **i. Transferencia de carga**

Las cargas de tránsito deben ser transmitidas de una manera eficiente de una losa a la siguiente para minimizar las deflexiones en las juntas. Las deflexiones excesivas producen bombeo de la subbase y posteriormente rotura de la losa de concreto.

El mecanismo de transferencia de carga en la junta transversal entre losa y losa se lleva a efecto de las siguientes maneras:

- Junta con dispositivos de transferencia de carga (pasadores de varilla lisa de acero) con o sin malla de refuerzo por temperatura.
- Losa vaciada monolíticamente con refuerzo continuo, (acero de refuerzo de varilla corrugada armada en ambas direcciones) no se establece virtualmente la junta transversal, tomándose en cuenta para el cálculo del acero estructural la remota aparición de grietas transversales.
- Junta transversal provocada por aserrado cuya transferencia de carga se lleva a efecto a través de la trabazón entre los agregados.

La transferencia de cargas se puede definir usando deflexiones o tensiones en la junta. La transferencia de cargas por deformaciones es:

$$LT_{\delta} = \frac{\delta_{\text{no cargada}}}{\delta_{\text{cargada}}} \quad \dots\dots\dots\text{Ecuación N}^{\circ}20$$

Dónde:

$LT_{\delta}$  = transferencia de cargas por deformaciones.

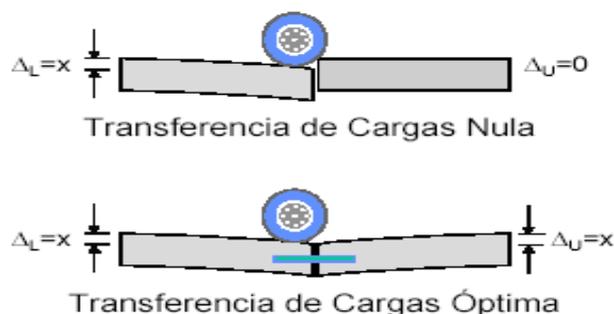
$\delta_{\text{no cargada}}$  = deflexión de la losa adyacente no cargada.

$\delta_{\text{cargada}}$  = deflexión de la losa cargada.

En la figura 40 se observa que una transferencia de cargas es nula, cuando la losa no cargada no experimenta ninguna deflexión, todo lo contrario sucede cuando hay una

transferencia de cargas perfecta donde la deflexión de la losa no cargada es igual a la de la losa cargada.

Figura 40 Transferencia de carga



Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

La capacidad de una estructura de pavimento de concreto para transferir (distribuir) cargas a través de juntas o grietas es tomado en cuenta en el método AASHTO 93 por medio del coeficiente de transferencia de carga J. Los dispositivos de transferencia de carga, trabazón de agregados y la presencia de bermas de concreto tienen efecto sobre éste valor.

La tabla 16 establece rangos de los coeficientes de transferencia de carga para diferentes condiciones desarrolladas a partir de la experiencia y del análisis mecánico de esfuerzos.

Como se puede apreciar en esta tabla el valor de J se incrementa a medida que aumentan las cargas de tráfico, esto se debe a que la transferencia de carga disminuye con las repeticiones de carga

Tabla 16 Coeficiente de transferencia de carga (J)

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
ESALs en millones	Con pasadores con o sin refuerzo de temperatura		Con refuerzo continuo		Sin pasadores (fricción entre agregados)		
Hasta 0.3	2.7	3.2	2.8	3.2	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 – 1	2.7	3.2	3.0	3.4	-	-	
1 – 3	2.7	3.2	3.1	3.6	-	-	
3 – 10	2.7	3.2	3.2	3.8	2.5	2.9	Caminos principales y autopistas
10 – 30	2.7	3.2	3.4	4.1	2.6	3.0	
más de 30	2.7	3.2	3.6	4.3	2.6	3.1	

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”

El uso de bermas de concreto unidas o losas ensanchadas reducen las tensiones y deformaciones en una losa. Es por eso que se usan valores menores de J. La razón para tomar J menores en pavimentos con bermas de concreto unida es porque se supone que los vehículos no transitarán por la misma.

#### j. Pérdida de soporte

Este factor, LS (loss of support = pérdida de soporte) es incluido en el diseño de pavimentos rígidos para tomar en cuenta la pérdida potencial de soporte proveniente de la

erosión de la subbase y/o movimientos diferenciales verticales del suelo. Deberá también considerarse este factor en términos de los movimientos verticales del suelo que pueden resultar de vacíos bajo el pavimento. Aún cuando se utilice una subbase no erosionable, pueden desarrollarse vacíos, reduciendo la vida del pavimento.

La tabla 17 proporciona algunos rangos sugeridos por las AASHTO para la pérdida de soporte, dependiendo del tipo de material (específicamente su rigidez o módulo elástico).

Tabla 17 Valores de LS

<b>TIPO DE MATERIAL</b>	<b>PÉRDIDA DE SOPORTE</b>
Base granular tratada con cemento (E = 1,000,000 a 2,000,000 psi)	0.0 – 1.0
Mezclas de agregados con cemento (E = 500,000 a 1,000,000 psi)	0.0 – 1.0
Bases tratadas con asfalto (E = 350,000 a 1,000,000 psi)	0.0 – 1.0
Mezclas bituminosas estabilizadas (E = 40,000 a 300,000 psi)	0.0 – 1.0
Estabilizados con cal (E = 20,000 a 70,000 psi)	1.0 – 3.0
Materiales granulares sin ligante (E = 15,000 a 45,000 psi)	1.0 – 3.0
Materiales granulares finos o subrasante natural (E = 3,000 a 40,000 psi)	2.0 – 3.0

Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

#### Nombre del proyecto

**“PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO UTILIZANDO SOBRECAPAS DE REFUERZO EN LA AVENIDA TODOS LOS SANTOS DE LA CIUDAD DE CHOTA”.**

#### 3.1.1 Ubicación política

Departamento : Cajamarca

Provincia : Chota

Distrito : Chota

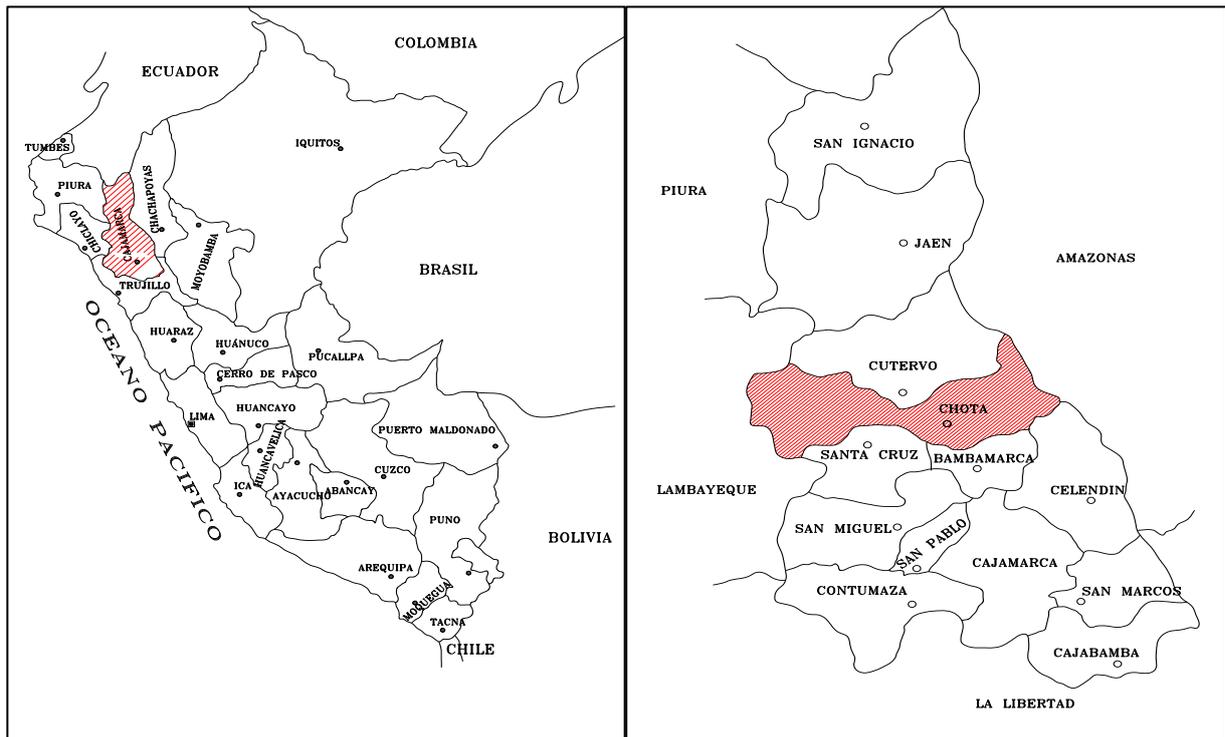


Figura 41 Ubicación de la provincia de Chota a nivel nacional y regional



Figura 42 Ubicación del proyecto en estudio (Imagen Satelital)

### 3.1.2 Ubicación Geográfica

Tabla N° 18 sistema de coordenadas geográficas

TRAMO	COORDENADAS		RANGO ALTITUDINAL	
	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	MSNM	REGIÓN
INICIO	06° 33' 28.80"	78° 39' 7.84"	2374.82	SIERRA
FIN	06° 33' 34.21"	78° 38' 37.22"	2437.15	SIERRA

Tabla N° 19 Sistema de coordenadas UTM

TRAMO	COORDENADAS		RANGO ALTITUDINAL	
	NORTE	ESTE	MSNM	REGIÓN
INICIO	9274503	759628	2374.82	SIERRA
FIN	9274332	760565	2437.15	SIERRA

Sistemas de coordenadas Geográficas WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984)

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### - Población

Se considera toda Avenida Todos los Santos de Chota.

#### - Muestra

El tramo en estudio de la avenida todos los santos de chota.

#### - Clasificación de la vía

La vía es considerada como una vía colectora.

### 3.3. EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE LA AVENIDA TODOS LOS SANTOS

#### - Descripción de la unidad de muestra

El pavimento es rígido sin refuerzos, las dimensiones de las losas son variables a lo largo de toda la avenida en estudio, dimensiones promedio (4.50 x 4.00) por paño.



Figura 43 Descripción fotográfica de la avenida Todos los santos

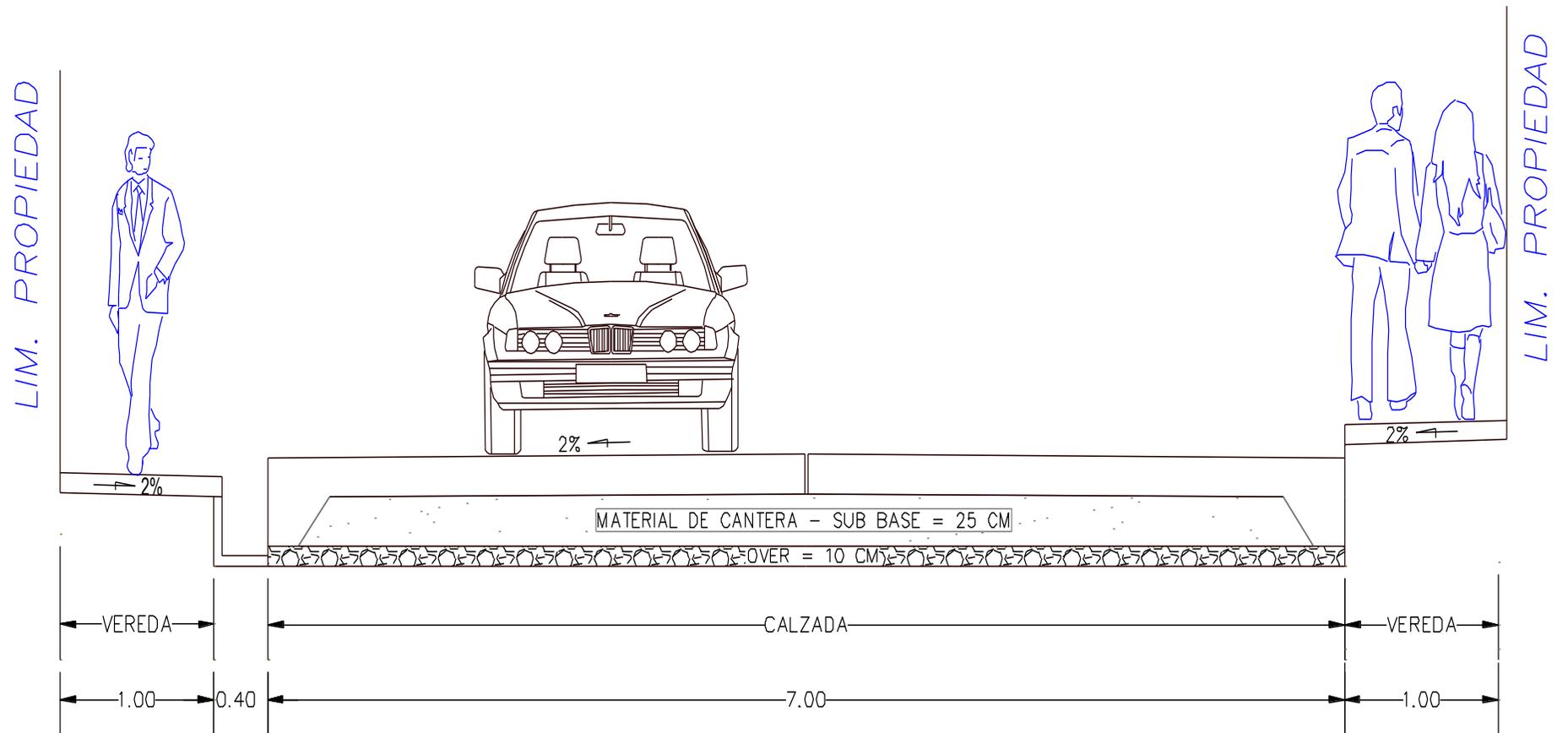


Figura 44. Detalle de la sección transversal actual del pavimento entre las progresivas 0+920 y 0+957

### - Estructura del pavimento existente

La capa de rodadura es de concreto hidráulico con espesor de 20 cm y debajo esta una capa mejoramiento en espesor de 25 cm.

#### *Justificación:*

La excavación de calicatas fue desarrollada con el motivo de verificar la capacidad portante del suelo, así como también la situación actual de los componentes del paquete estructural del pavimento rígido (comportamiento geotécnico del terreno y los materiales de cantera utilizados en el proceso constructivo) de la Avenida Todos los Santos.

Las tres calicatas practicadas se desarrollaron al margen derecho de la avenida, dado que en la parte central de la mencionada, la Municipalidad Provincial de Chota no autorizo llevarse a cabo las actividades de recolección de información, debido a que se podría malograr la tubería colectora de desagüe que pasa por el eje de la vía y otro factor fue que podría interrumpir el tráfico, produciendo malestar en los conductores y transeúntes que circulan por la vía.

La avenida en general se encuentra en malas condiciones, es por eso que la muestra recolectada para el estudio de suelos desarrollada al lado derecho de la vía no alteraría los parámetros requeridos para la rehabilitación de la avenida todos los santos.

Finalmente el estudio brindará resultados adecuados para el diseño o rehabilitación de la vía, además de aportar un valor agregado sobre los métodos de análisis para el diseño de pavimentos con características similares.



Figura 45 Descripción de la estructura del pavimento existente

### - División de las unidades de muestra

Como indica la norma ASTM D 6433, si las losas no exceden 7.60 metros de largo el rango de losas para evaluar será de  $20 \pm 8$  losas.

**- Selección de las unidades de inspección**

En vista que no se cuenta con una gran extensión, se ha considerado evaluar como unidad de muestra 16 losas por muestra con intervalo de 8 losas contiguas para aplicar el método PCI y para el método VIZHIR se analizó la avenida en su totalidad, las cuales han sido repartidas como se muestra en los planos de muestras (ver anexos).

**- Inspección de las unidades de muestra**

Con el manual de daños, realizado el croquis y realizada la selección de las unidades de muestra a ser inspeccionadas que en este caso se examinarán todas las unidades de muestra se procedió a caminar por cada losa registrando si sobre esta se encuentran algún tipo de deterioro que coincida con los descritos en el manual de daños, además se registró su severidad y cantidad esta información se la registra en el formato descrito en el ítem 2.2.4 (fallas comunes en pavimentos rígidos).

*NOTA: Para determinar el estado de la situación actual en que se encuentra el pavimento rígido de la Avenida Todos los Santos de la ciudad de Chota, se usó como fuente para los cálculos respectivos, los procedimientos de la tesis:*

*Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindío. (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA 2006)*

### 3.4. CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTRA

Tabla N° 20 Muestra 01: progresiva (0+000 – 0+160)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA																																														
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRAÚLICO																																														
Nombre de la vía: AV.TODOS LOS SANTOS CHOTA		Fecha: 21/05/2017																																												
Inspeccionado por: YONEL NÚÑEZ GUEVARA		Número de losas: 26																																												
TIPO DE FALLA																																														
21. Bloc up / Bucling.	31. Pulimiento de agregados																																													
22. Grieta de esquina.	32. Popouts.																																													
23. Loza dividida.	33. Bombeo.																																													
24. Grieta de ductilidad.	34. Punzonamiento.																																													
25. Escala.	35. Cruce vía férrea.																																													
26. Sello de junta.	36. Desconchamiento																																													
27. Desnivel carril/Berma.	37. Retracción.																																													
28. Grieta lineal.	38. Descascaramiento de esquina.																																													
29. Parcheo (grande).	39. Descascaramiento de junta.																																													
30. Parcheo (pequeño).																																														
Tipo de falla	Severidad	Numero de losas	Densidad %	Valor deducido																																										
29	M	13	50.00	33.00																																										
22	M	2	7.69	10.86																																										
26	L	13	50.00	2.00																																										
32	M	4	15.38	2.35																																										
28	M	3	11.54	8.95																																										
<table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td>32 M</td><td>22 M</td><td>32 M</td><td>32 M</td><td>28 M</td><td>28 M</td><td>22 M</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>29 M</td><td>29 M</td> </tr> <tr> <td>26 L</td><td>26 L</td> </tr> </table>								32 M	22 M	32 M	32 M	28 M	28 M	22 M					29 M	26 L																										
			32 M	22 M	32 M	32 M	28 M	28 M	22 M																																					
29 M	29 M	29 M	29 M	29 M	29 M	29 M	29 M	29 M	29 M	29 M	29 M	29 M	29 M																																	
26 L	26 L	26 L	26 L	26 L	26 L	26 L	26 L	26 L	26 L	26 L	26 L	26 L	26 L																																	
Número de deducidos (q) 5																																														
Valor deducido más alto (HDVi) 33.00																																														
<b>TOTAL VD =</b>		<b>57.16</b>																																												
Número admisible de deducidos (mi) 7.15																																														
CÁLCULO DEL PCI																																														
#	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV																																					
1	33.00	10.86	8.95	2.35	2.00		57.16	5	..																																					
2	33.00	10.86	8.95	2.35	2.00		57.16	4	33.50																																					
3	33.00	10.86	8.95	2.00	2.00		56.81	3	36.77																																					
4	33.00	10.86	2.00	2.00	2.00		49.86	2	39.40																																					
5	33.00	2.00	2.00	2.00	2.00		41.00	1	41.00																																					
							Max CDV =	41.00																																						
<table border="1"> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>100 - Max CDV</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>59.00</td> </tr> </table>													PCI	=	100 - Max CDV	PCI	=	59.00																												
PCI	=	100 - Max CDV																																												
PCI	=	59.00																																												
BUENO																																														





Tabla N° 23 Muestra 07 progresiva (0+280 – 0+320)

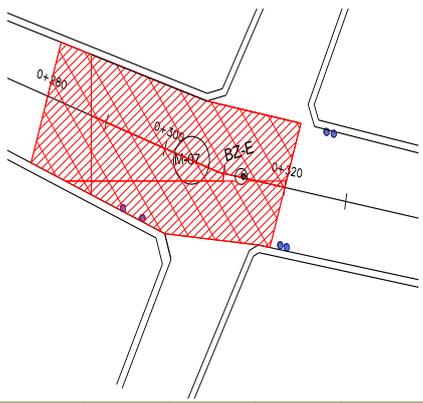
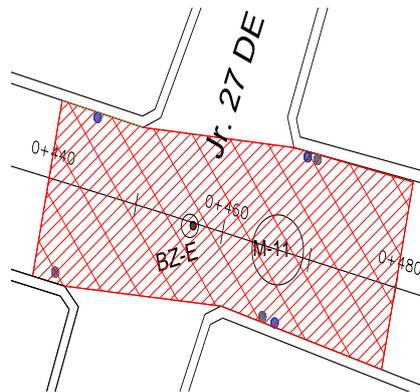
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA																																	
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRAÚLICO																																	
Nombre de la vía: AV.TODOS LOS SANTOS CHOTA					Fecha: 21/05/2017																												
Inspeccionado por: YONEL NÚÑEZ GUEVARA					Número de losas: 16																												
<b>TIPO DE FALLA</b>																																	
21. Bloc up / Bucling.		31. Pulimiento de agregados																															
22. Grieta de esquina.		32. Popouts.																															
23. Loza dividida.		33. Bombeo.																															
24. Grieta de ductilidad.		34. Punzonamiento.																															
25. Escala.		35. Cruce vía ferrea.																															
26. Sello de junta.		36. Desconchamiento																															
27. Desnivel carril/Berma.		37. Retracción.																															
28. Grieta lineal.		38. Descascaramiento de esquina.																															
29. Parcheo (grande).		39. Descascaramiento de junta.																															
30. Parcheo (pequeño).																																	
Tipo de falla	Severidad	Numero de losas	Densidad %	Valor deducido																													
34	H	3	18.75	47.3																													
28	M	2	12.50	9.65																													
26	H	8	50.00	8.00																													
29	H	8	50.00	52.90																													
22	M	4	25.00	34.4																													
23	M	2	12.50	24.85																													
																																	
<table border="1"> <tr> <td>34 H</td> <td>23 M</td> <td>28 M</td> <td>28 M</td> <td>22 M</td> <td>22 M</td> <td>22 M</td> <td>22 M</td> </tr> <tr> <td>26 H</td> </tr> <tr> <td>29 H</td> <td>29 H 23 M</td> <td>29 H</td> <td>29 H</td> <td>29 H</td> <td>34 H 29 H</td> <td>34 H 29 H</td> <td>29 H</td> </tr> </table>										34 H	23 M	28 M	28 M	22 M	22 M	22 M	22 M	26 H	29 H	29 H 23 M	29 H	29 H	29 H	34 H 29 H	34 H 29 H	29 H							
34 H	23 M	28 M	28 M	22 M	22 M	22 M	22 M																										
26 H	26 H	26 H	26 H	26 H	26 H	26 H	26 H																										
29 H	29 H 23 M	29 H	29 H	29 H	34 H 29 H	34 H 29 H	29 H																										
Número de deducidos (q) 6																																	
Valor deducido más alto (HDVi) 52.90																																	
<b>TOTAL VD = 177.1</b>					Número admisible de deducidos (mi) 5.33																												
CÁLCULO DEL PCI																																	
#	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	q	CDV																						
1	52.90	47.30	34.40	24.85	9.65	8.00			177.10	6	85.2																						
2	52.90	47.30	34.40	24.85	9.65	2.00			171.10	5	..																						
3	52.90	47.30	34.40	24.85	2.00	2.00			163.45	4	86.98																						
4	52.90	47.30	34.40	2.00	2.00	2.00			140.60	3	84.26																						
5	52.90	47.30	2.00	2.00	2.00	2.00			108.2	2	74.51																						
6	52.90	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			62.9	1	62.9																						
Max CDV = 86.98																																	
<table border="1"> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>100 - Max CDV</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>13.02</td> </tr> </table>										PCI	=	100 - Max CDV	PCI	=	13.02																		
PCI	=	100 - Max CDV																															
PCI	=	13.02																															
MUY MALO																																	



Tabla N° 25 Muestra 11 progresiva (0+440 – 0+480)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA														
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRÁULICO														
Nombre de la vía: AV.TODOS LOS SANTOS CHOTA				Fecha: 21/05/2017										
Inspeccionado por: YONEL NÚÑEZ GUEVARA				Número de losas: 24										
TIPO DE FALLA														
21. Bloc up / Bucling.			31. Pulimiento de agregados											
22. Grieta de esquina.			32. Popouts.											
23. Loza dividida.			33. Bombeo.											
24. Grieta de ductilidad.			34. Punzonamiento.											
25. Escala.			35. Cruce vía férrea.											
26. Sello de junta.			36. Desconchamiento											
27. Desnivel carril/Berma.			37. Retracción.											
28. Grieta lineal.			38. Descascaramiento de esquina.											
29. Parcheo (grande).			39. Descascaramiento de junta.											
30. Parcheo (pequeño).														
Tipo de falla	Severidad	Numero de losas	Densidad %	Valor deducido										
34	H	3	12.50	36.85										
36	H	3	12.50	20.75										
26	H	8	33.33	8.00										
29	H	8	33.33	42.13										
22	H	2	8.33	19.73										
39	H	3	12.50	5.05										
				Número de deducidos (q)									6	
				Valor deducido más alto (HDVi)									42.13	
<b>TOTAL VD =</b>				<b>132.411</b>									Número admisible de deducidos (mi)	6.31
CÁLCULO DEL PCI														
#	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV					
1	42.13	36.85	20.75	8.00	5.05		132.41	6	67.59					
2	42.13	36.85	20.75	8.00	2.00		129.36	5	..					
3	42.13	36.85	20.75	2.00	2.00		123.36	4	69.38					
4	42.13	36.85	20.75	2.00	2.00		105.73	3	66.15					
5	42.13	36.85	2.00	2.00	2.00		86.98	2	62.7					
6	42.13	2.00	2.00	2.00	2.00		52.13	1	52.13					
								Max CDV =	69.38					
		PCI = 100 - Max CDV												
		PCI = 30.62		MALO										



26 H	26 H	26 H	26 H	29 H	29 H	29 H	29 H
29 H	29 H	29 H	26 H	29 H	36 H	22 H	22 H
34 H	39 H	36 H	34 H	34 H	36 H	36 H	39 H

Tabla N° 26 Muestra 13 progresiva (0+520 – 0+560)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA																																																				
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRAÚLICO																																																				
Nombre de la vía: AV.TODOS LOS SANTOS CHOTA				Fecha: 21/05/2017																																																
Inspeccionado por: YONEL NÚNEZ GUEVARA				Número de losas: 24																																																
<b>TIPO DE FALLA</b>																																																				
21. Bloc up / Bucling.			31. Pulimiento de agregados																																																	
22. Grieta de esquina.			32. Popouts.																																																	
23. Loza dividida.			33. Bombeo.																																																	
24. Grieta de ductilidad.			34. Punzonamiento.																																																	
25. Escala.			35. Cruce vía ferrea.																																																	
26. Sello de junta.			36. Desconchamiento																																																	
27. Desnivel carril/Berma.			37. Retracción.																																																	
28. Grieta lineal.			38. Descascaramiento de esquina.																																																	
29. Parcheo (grande).			39. Descascaramiento de junta.																																																	
30. Parcheo (pequeño).																																																				
Tipo de falla	Severidad	Numero de losas	Densidad %	Valor deducido																																																
23	H	4	16.67	45.24																																																
36	H	5	20.83	29.75																																																
26	H	16	66.67	8.00																																																
29	H	8	33.33	42.13																																																
34	H	2	8.33	26.40																																																
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>26 H</td><td>36 H</td><td>23 H</td><td>36 H</td><td>29 H</td><td>29 H</td><td>29 H</td><td>29 H</td> </tr> <tr> <td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>29 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td> </tr> <tr> <td>26 H</td><td>23 H</td><td>36 H</td><td>34 H</td><td>34 H</td><td>29 H</td><td>29 H</td><td>29 H</td> </tr> <tr> <td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td> </tr> <tr> <td>23 H</td><td>36 H</td><td>23 H</td><td>36 H</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>													26 H	36 H	23 H	36 H	29 H	29 H	29 H	29 H	26 H	26 H	26 H	29 H	26 H	23 H	36 H	34 H	34 H	29 H	29 H	29 H	26 H	23 H	36 H	23 H	36 H															
26 H	36 H	23 H	36 H	29 H	29 H	29 H	29 H																																													
26 H	26 H	26 H	29 H	26 H	26 H	26 H	26 H																																													
26 H	23 H	36 H	34 H	34 H	29 H	29 H	29 H																																													
26 H	26 H	26 H	26 H	26 H	26 H	26 H	26 H																																													
23 H	36 H	23 H	36 H																																																	
Número de deducidos (q)												5																																								
Valor deducido más alto (HDVi)												45.24																																								
<b>TOTAL VD =</b>												<b>151.5156</b>																																								
Número admisible de deducidos (mi)												6.03																																								
CÁLCULO DEL PCI																																																				
#	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV																																											
1	45.24	42.13	29.75	26.40	8.00		151.52	5	..																																											
2	45.24	42.13	29.75	26.40	2.00		145.52	4	79.48																																											
3	45.24	42.13	29.75	2.00	2.00		121.12	3	74.55																																											
4	45.24	42.13	2.00	2.00	2.00		93.37	2	66.35																																											
5	45.24	2.00	2.00	2.00	2.00		53.24	1	45.24																																											
												Max CDV =	79.484																																							
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>100 - Max CDV</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>20.52</td> </tr> </table>												PCI	=	100 - Max CDV	PCI	=	20.52	MUY MALO																																		
PCI	=	100 - Max CDV																																																		
PCI	=	20.52																																																		



Tabla N° 28 Muestra 17 progresiva (0+680 – 0+720)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA																		
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRAÚLICO																		
Nombre de la vía: AV.TODOS LOS SANTOS CHOTA						Fecha: 21/05/2017												
Inspeccionado por: YONEL NÚNEZ GUEVARA						Número de losas: 16												
<b>TIPO DE FALLA</b>																		
21. Bloc up / Bucling.			31. Pulimiento de agregados															
22. Grieta de esquina.			32. Popouts.															
23. Loza dividida.			33. Bombeo.															
24. Grieta de ductilidad.			34. Punzonamiento.															
25. Escala.			35. Cruce vía férrea.															
26. Sello de junta.			36. Desconchamiento															
27. Desnivel carril/Berma.			37. Retracción.															
28. Grieta lineal.			38. Descascaramiento de esquina.															
29. Parcheo (grande).			39. Descascaramiento de junta.															
30. Parcheo (pequeño).																		
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido														
28	M	4	25.00	17.60														
34	M	2	12.50	27.60														
29	H	8	50.00	50.10														
26	H	8	50.00	8.00														
36	H	4	25.00	33.00														
39	M	8	50.00	18.40														
Número de deducidos (q)						6												
Valor deducido más alto (HDVi)						50.10												
<b>TOTAL VD =</b>						<b>154.7</b>												
Número admisible de deducidos (mi)						5.58												
CÁLCULO DEL PCI																		
#	VALORES DEDUCIDOS							TOTAL	q	CDV								
1	50.10	33.00	27.60	18.40	17.6	8.00		154.70	6	76.88								
2	50.10	33.00	27.60	18.40	17.6	2.00		148.70	5	..								
3	50.10	33.00	27.60	18.40	2.00	2.00		133.10	4	73.90								
4	50.10	33.00	27.60	2.00	2.00	2.00		116.70	3	72.19								
5	50.10	33.00	2.00	2.00	2.00	2.00		91.10	2	65.105								
6	50.10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00		60.10	1	60.1								
									Max CDV =	76.88								
<table border="1"> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>100 - Max CDV</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>23.12</td> </tr> </table>											PCI	=	100 - Max CDV	PCI	=	23.12	MUY MALO	
PCI	=	100 - Max CDV																
PCI	=	23.12																

Tabla N° 29 Muestra 19 progresiva (0+760 – 0+800)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA																			
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRAÚLICO																			
Nombre de la vía: AV.TODOS LOS SANTOS CHOTA				Fecha: 21/05/2017															
Inspeccionado por: YONEL NÚNEZ GUEVARA				Número de losas: 16															
<b>TIPO DE FALLA</b>																			
21. Bloc up / Bucling.		31. Pulimiento de agregados																	
22. Grieta de esquina.		32. Popouts.																	
23. Loza dividida.		33. Bombeo.																	
24. Grieta de ductilidad.		34. Punzonamiento.																	
25. Escala.		35. Cruce vía férrea.																	
26. Sello de junta.		36. Desconchamiento																	
27. Desnivel carril/Berma.		37. Retracción.																	
28. Grieta lineal.		38. Descascaramiento de esquina.																	
29. Parcheo (grande).		39. Descascaramiento de junta.																	
30. Parcheo (pequeño).																			
Tipo de falla	Severidad	Número de losas	Densidad %	Valor deducido															
28	M	3	18.75	13.68															
29	M	8	50.00	33.00															
22	M	2	12.50	18.10															
26	H	8	50.00	8.00															
					29 M	28 M	28 M	28 M	26 M	26 M	26 M	29 M							
						29 M	29 M												
							22 M	26 M	26 M		22 M	26 M							
					Número de deducidos (q)									4					
					Valor deducido más alto (HDVi)									33.00					
					<b>TOTAL VD =</b>									<b>72.78</b>					
					Número admisible de deducidos (mi)									7.15					
<b>CÁLCULO DEL PCI</b>																			
#	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	q	CDV						
1	33.00	8.00	18.10	13.68							72.78	4	52.89						
2	33.00	8.00	18.10	2.00							61.10	3	50.44						
3	33.00	8.00	2.00	2.00							45.00	2	47.56						
4	33.00	2.00	2.00	2.00							39.00	1	39.00						
												Max CDV =	52.89						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>100 - Max CDV</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>47.11</td> </tr> </table>														PCI	=	100 - Max CDV	PCI	=	47.11
PCI	=	100 - Max CDV																	
PCI	=	47.11																	
REGULAR																			

Tabla N° 30 Muestra 21 progresiva (0+840 – 0+160)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA																																			
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRAÚLICO																																			
Nombre de la vía: AV.TODOS LOS SANTOS CHOTA						Fecha: 21/05/2017																													
Inspeccionado por: YONEL NÚÑEZ GUEVARA						Número de losas: 16																													
<b>TIPO DE FALLA</b>																																			
21. Bloc up / Bucling.			31. Pulimiento de agregados																																
22. Grieta de esquina.			32. Popouts.																																
23. Loza dividida.			33. Bombeo.																																
24. Grieta de ductilidad.			34. Punzonamiento.																																
25. Escala.			35. Cruce vía ferrea.																																
26. Sello de junta.			36. Desconchamiento																																
27. Desnivel carril/Berma.			37. Retracción.																																
28. Grieta lineal.			38. Descascaramiento de esquina.																																
29. Parcheo (grande).			39. Descascaramiento de junta.																																
30. Parcheo (pequeño).																																			
Tipo de falla	Severidad	Numero de losas	Densidad %	Valor deducido																															
30	M	8	50.00	11.20																															
28	M	2	12.50	9.65																															
23	M	2	12.50	24.85																															
26	H	8	50.00	8.00																															
29	H	4	25.00	34.60																															
						<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td></td><td></td><td>23 M</td><td></td><td>29 H</td><td>29 H</td><td>29 H</td><td>23 M</td> </tr> <tr> <td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td><td>26 H</td> </tr> <tr> <td>30 M</td><td>30 M</td><td>28 M</td><td>30 M</td><td>30 M</td><td>30 M</td><td>28 M</td><td>30 M</td> </tr> </table>								23 M		29 H	29 H	29 H	23 M	26 H	30 M	30 M	28 M	30 M	30 M	30 M	28 M	30 M							
		23 M		29 H	29 H	29 H	23 M																												
26 H	26 H	26 H	26 H	26 H	26 H	26 H	26 H																												
30 M	30 M	28 M	30 M	30 M	30 M	28 M	30 M																												
						Número de deducidos (q) 5																													
						Valor deducido más alto (HDVi) 34.6																													
<b>TOTAL VD =</b>						<b>88.30</b>																													
						Número admisible de deducidos (mi) 7.01																													
CÁLCULO DEL PCI																																			
#	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CDV																										
1	34.60	24.85	11.20	9.65	8.00		88.30	5	...																										
2	34.60	24.85	11.20	9.65	2.00		82.30	4	48.27																										
3	34.60	24.85	11.20	2.00	2.00		74.65	3	47.98																										
4	34.60	24.85	2.00	2.00	2.00		65.45	2	49.54																										
5	34.60	2.00	2.00	2.00	2.00		42.60	1	42.60																										
									Max CDV = 49.54																										
										<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>PCI</td> <td>=</td> <td>100 - Max CDV</td> </tr> <tr> <td>PCI</td> <td></td> <td>50.46</td> </tr> </table>			PCI	=	100 - Max CDV	PCI		50.46																	
PCI	=	100 - Max CDV																																	
PCI		50.46																																	
										REGULAR																									





$$\begin{array}{l} 18.75 \quad X \\ 20 \quad 50.30 \quad ((15-20)/(18.75-20))=((42.70-50.30)/(X-50.30)) \quad X=48.40 \end{array}$$

Valor deducido para parche grande

Para el 50% corresponde  $X=33.00$

Valor deducido para grieta lineal

$$\begin{array}{l} 10 \quad 5.90 \\ 12.5 \quad X \\ 15 \quad 8.30 \quad ((10-15)/(12.5-15))=((5.90-8.30)/(X-8.30)) \quad X=7.10 \end{array}$$

Valor deducido para grieta en esquina

$$\begin{array}{l} 5 \quad 7.20 \\ 6.25 \quad X \\ 10 \quad 14.50 \quad ((5-10)/(6.25-10))=((7.20-14.50)/(X-14.50)) \quad X=9.03 \end{array}$$

4. Determinamos el valor deducido más alto  $HDV_i = 48.40$

5. Calculamos el número admisible de deducidos mediante la fórmula.

$$m_i = 1 + (9/98)(100 - HDV_i) \quad m_i = 1 + (9/98)(100 - 48.40) \quad m_i = 5.74 \quad m_i = 5$$

El número admisible de deducidos es  $m_i=5$

6. Ordenamos los valores deducidos de mayor a menor como se detalla

48.40	33.00	9.03	7.10
48.40	33.00	9.03	2.00
48.40	33.00	2.00	2.00
48.40	2.00	2.00	2.00

7. Sumamos las filas obteniendo el total de valores deducidos

48.40	33.00	9.03	7.10	= 97.53
48.40	33.00	9.03	2.00	= 92.43
48.40	33.00	2.00	2.00	= 85.40
48.40	2.00	2.00	2.00	= 54.40

8. Calculamos los valores corregidos deducidos (CDV) a partir del total y el número de valores deducidos "q". Según tabla de corrección de valores (Anexo 2).

Para valor  $q=4$

$$90 \quad 52.50$$

97.53	X		
100	58.00	$((90-100)/(97.53-100))=((52.50-58.00)/(X-58.00))$	X=56.64

Para valor q=3

90	57.40		
92.43	X		
100	63.00	$((90-100)/(92.43-100))=((57.40-63.00)/(X-63.00))$	X=54.98

Para valor q=2

80	58.50		
85.40	X		
90	64.50	$((80-90)/(85.40-90))=((58.50-64.50)/(X-64.50))$	X=61.74

Para valor q=1

50	50		
54.40	X		
57	57	$((50-57)/(54.40-57))=((50-57)/(X-57))$	X=55.18

9. Adoptamos el máximo valor deducido corregido (Max. CDV)  
El máximo CDV =61.74

10. Determinamos el PCI mediante:

$$PCI = 100 - \text{Max. CDV}$$

$$PCI = 100 - 61.74$$

$$PCI = 38.26$$

*El mismo procedimiento se aplicará para todas las muestras.*

### 3.5. CÁLCULO DEL “IS” DE LAS UNIDADES DE MUESTRA (MÉTODO VIZIR)

Tabla N° 33 Muestra 01

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA										
EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR										
CANTIDAD DE MUESTRA 16 PAÑOS										
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA										
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+000 - 0+040	PARCHEO GRANDE	1	1	6.250	1	1	3	0	3	REGULAR
	POPOUT	1	1	6.250	1					
	SELLO EN JUNTA	8	1	50.000						

Tabla N° 34 Muestra 02

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA										
EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR										
CANTIDAD DE MUESTRA 16 PAÑOS										
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA										
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+040 - 0+080	PARCHEO GRANDE	1	1	6.250	1	1	3	0	3	REGULAR
	GRIETA LINEAL	1	1	6.250	1					
	POPOUT	2	1	12.500						

Tabla N° 35 Muestra 03

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA										
EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR										
CANTIDAD DE MUESTRA 16 PAÑOS										
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA										
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+080 - 0+120	PARCHE GRANDE	8	1	50.000	2	0	3	0	2	REGULAR
	GRIETA LINEAL	1	1	6.250	1					
	GREITA EN ESQUINA	1	1	6.250	1					

Tabla N° 36 Muestra 04

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
	CANTIDAD DE MUESTRA					16 PAÑOS				
	AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA				
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+120 - 0+160	PARCHEO GRANDE	8	1	50.000	2	2	3	0	3	REGULAR
	GRIETA LINEAL	3	1	18.750	2					
	GREITA EN ESQUINA	3	1	18.750	2					
	SELLO EN JUNTA	8	2	50.000						

Tabla N° 37 Muestra 05

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
	CANTIDAD DE MUESTRA					16 PAÑOS				
	AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA				
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+160 - 0+200	PARCHEO GRANDE	8	2	50.000	3	0	5	0	5	REGULAR
	LOSA DIVIDIDA	1	3	6.250	3					
	GRIETA LINEAL	2	2	12.500	3					
	PUNZONAMIENTO	3	3	18.750	4					

Tabla N° 38 Muestra 06

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
	CANTIDAD DE MUESTRA					16 PAÑOS				
	AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA				
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+200 - 0+240	PARCHEO GRANDE	8	2	50.000	3	0	5	0	5	DEFICIENTE
	LOSA DIVIDIDA	2	3	12.500	4					
	GRIETA LINEAL	2	2	12.500	3					
	PUNZONAMIENTO	4	2	25.000	3					

Tabla N° 39 Muestra 07

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA					16 PAÑOS					
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+240 - 0+280	PARCHEO GRANDE	8	3	50.000	4		7	1	6	DEFICIENTE
	PUNZONAMIENTO	1	2	6.250	2					
	BACHE	3	3	18.750	4					
	DESCASCARAMIENTO EN JUNTA	4	3	25.000	4					
	SELLO EN JUNTA	8	3	50.000		4				

Tabla N° 40 Muestra 08

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA					16 PAÑOS					
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+280 - 0+320	PARCHEO GRANDE	8	2	50.000	3		7	1	6	DEFICIENTE
	PUNZONAMIENTO	3	3	18.750	4					
	DESCASCARAMIENTO EN JUNTA	2	3	12.500	3					
	GRIETA EN ESQUINA	4	1	25.000	3					
	GRIETA LINEAL	2	1	12.500	3					
	SELLO EN JUNTA	8	3	50.000		3				

Tabla N° 41 Muestra 09

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA					24 PAÑOS					
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+320 - 0+360	PARCHEO GRANDE	8	2	33.333	3		6	1	5	DEFICIENTE
	PUNZONAMIENTO	1	2	4.167	2					
	DESCASCARAMIENTO EN JUNTA	2	1	8.333	2					
	SELLO EN JUNTA	16	2	66.667		4				

Tabla N° 42 Muestra 10

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
	CANTIDAD DE MUESTRA					24 PAÑOS				
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+360 - 0+400	PARCHEO GRANDE	8	2	33.333	3		7	1	6	DEFICIENTE
	PUNZONAMIENTO	3	3	12.500	4					
	GRIETA LINEAL	2	2	8.333	3					
	SELLO EN JUNTA	16	2	66.667		4				

Tabla N° 43 Muestra 11

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
	CANTIDAD DE MUESTRA					24 PAÑOS				
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+400 - 0+440	PARCHEO GRANDE	8	3	33.333	4		7	1	6	DEFICIENTE
	PUNZONAMIENTO	3	3	12.500	4					
	BACHE	2	3	8.333	3					
	DESCASCARAMIENTO EN JUNTA	6	3	25.000	4					
	SELLO EN JUNTA	16	3	66.667		5				

Tabla N° 44 Muestra 12

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
	CANTIDAD DE MUESTRA					24 PAÑOS				
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+440 - 0+480	PARCHEO GRANDE	8	3	33.333	4		7	1	6	DEFICIENTE
	DESCONCHAMIENTO	3	3	12.500	4					
	PUNZONAMIENTO	3	3	12.500	4					
	DESCASCARAMIENTO EN JUNTA	9	3	37.500	4					
	SELLO EN JUNTA	16	3	66.667		5				

Tabla N° 45 Muestra 13

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA					24 PAÑOS					
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+480 - 0+520	PARCHEO GRANDE	8	3	33.333	4		7	1	6	DEFICIENTE
	DESCONCHAMIENTO	8	3	33.333	4					
	PUNZONAMIENTO	3	3	12.500	4					
	DESCASCARAMIENTO EN JUNTA	10	3	41.667	4					
	SELLO EN JUNTA	16	3	66.667		5				

Tabla N° 46 Muestra 14

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA					24 PAÑOS					
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+520 - 0+560	PARCHEO GRANDE	8	3	33.333	4		7	1	6	DEFICIENTE
	DESCONCHAMIENTO	6	3	25.000	4					
	PUNZONAMIENTO	2	3	8.333	3					
	DESCASCARAMIENTO EN JUNTA	16	3	66.667	5					
	GRIETA EN ESQUINA	3	3	12.500	4					
	SELLO EN JUNTA	16	3	66.667		5				

Tabla N° 47 Muestra 15

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
	CANTIDAD DE MUESTRA					24 PAÑOS				
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+560 - 0+600	PARCHEO GRANDE	8	2	33.333	4		7	1	6	DEFICIENTE
	DESCONCHAMIENTO	3	3	12.500	4					
	BACHE	2	3	8.333	3					
	PUNZONAMIENTO	2	3	8.333	3					
	DESCASCARAMIENTO EN JUNTA	8	3	33.333	4					
	SELLO EN JUNTA	16	3	66.667		5				

Tabla N° 48 Muestra 16

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
	CANTIDAD DE MUESTRA					16 PAÑOS				
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+600 - 0+640	PARCHEO GRANDE	8	2	50.000	4		7	1	6	DEFICIENTE
	DESCONCHAMIENTO	3	2	18.750	3					
	PUNZONAMIENTO	3	2	18.750	3					
	SELLO EN JUNTA	4	2	25.000		3				

Tabla N° 49 Muestra 17

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
	CANTIDAD DE MUESTRA					16 PAÑOS				
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA					RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA					
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+640 - 0+680	PARCHEO GRANDE	8	2	50.000	3		7	1	6	DEFICEINTE
	BACHE	3	3	18.750	4					
	PUNZONAMIENTO	3	3	18.750	4					
	SELLO EN JUNTA	8	2	50.000	0	4				

Tabla N° 50 Muestra 18

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA		16 PAÑOS								
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA		RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA								
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+680 - 0+720	PARCHEO GRANDE	8	2	50.000	3		6	1	5	DEFICIENTE
	LOSA DIVIDIDA	2	3	12.500	4					
	PUNZONAMIENTO	2	2	12.500	3					
	DESCONCHAMIENTO	4	3	25.000	4					
	DESCASCARAMIENTO EN JUNTA	6	2	37.500	3					
	SELLO EN JUNTA	1	2	6.250		2				

Tabla N° 51 Muestra 19

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA		16 PAÑOS								
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA		RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA								
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+720 - 0+760	PARCHEO GRANDE	8	1	50.000	2		3	0	3	REGULAR
	LOSA DIVIDIDA	1	2	6.250	2					
	PUNZONAMIENTO	2	1	12.500	2					
	SELLO EN JUNTA	4	1	25.000		2				
	GRIETA LINEAL	2	1	12.500	2	0				

Tabla N° 52 Muestra 20

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA		16 PAÑOS								
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA		RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA								
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+760 - 0+800	PARCHEO GRANDE	8	1	50.000	2		3	0	3	REGULAR
	GRIETA LONGITUDINAL	3	1	18.750	2					
	SELLO EN JUNTA	8	1	50.000		2				
	LOSA DIVIDIDA	1	2	6.250	2					

Tabla N° 53 Muestra 21

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA		16 PAÑOS								
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA		RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA								
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+800 - 0+840	PARCHEO GRANDE	8	1	50.000	2		4	0	4	REGULAR
	PULIMIENTO DE AGREGADOS	4	2	25.000						
	PUNZONAMIENTO	1	1	6.250	1					
	SELLO EN JUNTA	8	2	50.000		3				
	GRIETA LINEAL	1	1	6.250	1					

Tabla N° 54 Muestra 22

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA</b>									
	EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR									
CANTIDAD DE MUESTRA		16 PAÑOS								
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA		RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA								
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+840 - 0+880	PARCHEO GRANDE	8	1	50.000	2		4	0	4	REGULAR
	LOSA DIVIDIDA	1	2	6.250	2					
	PUNZONAMIENTO	1	2	6.250	2					
	SELLO EN JUNTA	8	2	50.000		3				
	GIETA EN ESQUINA	2	1	12.500	2					

Tabla N° 55 MUESTRA 23

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA										
EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RÍGIDO: MÉTODO VIZIR										
CANTIDAD DE MUESTRA 16 PAÑOS										
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA										
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSIÓN %	If	Id	Is	CORRECCIÓN	Is FINAL	CLACIFICACIÓN
0+880 - 0+920	PARCHEO GRANDE	8	1	50.000	2		3	0	3	REGULAR
	GRIETA LINEAL	8	1	50.000	2					
	PUNZONAMIENTO	2	1	12.500	2					
	SELLO EN JUNTA	8	1	50.000		2				
	GIETA EN ESQUINA	2	2	12.500	2					

Tabla N° 56 Muestra 24

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA										
EVALUACIÓN DEL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO RIGIDO: METODO VIZIR										
CANTIDAD DE MUESTRA 16 PAÑOS										
AV. TODOS LOS SANTOS - CHOTA RESPONSABLE: YONEL NUÑEZ GUEVARA										
ABSCISA	TIPO DE DAÑO	N° DE LOSAS	GRAVEDAD	EXTENSION %	If	Id	Is	CORRECCION	Is FINAL	CLACIFICACION
0+920 - 0+960	PARCHEO GRANDE	8	1	50.000	2		4	0	4	REGULAR
	GRIETA LINEAL	2	1	12.500	2					
	PUNZONAMIENTO	1	2	6.250	2					
	SELLO EN JUNTA	8	2	50.000		3				
	BACHE	2	2	12.500	2					
	GIETA EN ESQUINA	1	2	6.250	2					

Tabla N° 57 Cuadro de resumen aplicación VIZIR

RESUMEN		
ABCISA	RANGO	CLACIFICACION
0+000 - 0+040	3	REGULAR
0+040 - 0+080	3	REGULAR
0+080 - 0+120	2	REGULAR
0+120 - 0+160	3	REGULAR
0+160 - 0+200	5	DEFICIENTE
0+200 - 0+240	5	DEFICIENTE
0+240 - 0+280	6	DEFICIENTE
0+280 - 0+320	6	DEFICIENTE
0+320 - 0+360	5	DEFICIENTE
0+360 - 0+400	6	DEFICIENTE
0+400 - 0+440	6	DEFICIENTE
0+440 - 0+480	6	DEFICIENTE
0+480 - 0+520	6	DEFICIENTE
0+520 - 0+560	6	DEFICIENTE
0+560 - 0+600	6	DEFICIENTE
0+600 - 0+640	6	DEFICIENTE
0+640 - 0+680	6	DEFICIENTE
0+680 - 0+720	5	DEFICIENTE
0+720 - 0+760	3	REGULAR
0+760 - 0+800	3	REGULAR
0+800 - 0+840	4	REGULAR
0+840 - 0+880	4	REGULAR
0+880 - 0+920	3	REGULAR
0+920 - 0+960	4	REGULAR
PROMEDIO	5	

***Aplicación del método VIZIR en el tramo comprendido entre las progresivas (0+920–0+957)***

1. Se contabilizó todas las losas con sus respectivas fallas y ordenamos en la tabla según su tipo y severidad.
2. Calculamos la extensión para cada tipo de falla, se detalla a continuación:

Parche grande	$(8/16) \times 100 = 50.00\%$
Grieta lineal	$(2/16) \times 100 = 12.50\%$
Grieta en esquina	$(1/16) \times 100 = 6.25\%$
Sello en junta	$(8/16) \times 100 = 50.00\%$

Bache	$(2/16) \times 100 = 12.50\%$
Punzonamiento	$(1/16) \times 100 = 6.25\%$

3. Determinamos el If (índice de fisuración) e Id (índice de deformación) según tipo de falla presentes en el pavimento, aplicando el Juicio sobre la capacidad del pavimento según Ítem 2.2.14, (es el resultado de la intersección según su gravedad y extensión).

	Gravedad	Extensión	If	Id
Parche grande	1	50.00%	2	
Grieta lineal	1	12.50%	2	
Grieta en esquina	2	6.25%	2	
Sello en junta	2	50.00%		3
Bache	2	12.50%	2	
Punzonamiento	2	6.25%	2	

4. Determinamos el valor Is (índice de deformación superficial), que resulta de elegir el mayor valor de If e Id y según Ítem 2.2.14, se obtiene el siguiente resultado:

$$Is = 4$$

5. Corregimos el cálculo según la extensión y gravedad de acuerdo al trabajo de bacheo (parches y baches).

La corrección para este caso es igual a cero, de acuerdo a la tabla del Ítem 2.2.14,

$$\text{Entonces, } Is \text{ (corregido)} = 4$$

6. La clasificación está el rango de 3 a 4, que corresponde a regular según tabla 05 (rango de clasificación metodología VIZIR).

*El mismo procedimiento se aplicará para todas las muestras.*

### **3.6. DISEÑO DE SOBRECAPAS DE REFUERZO (REFUERZO SOBRE PAVIMENTOS DE CONCRETO PREVIAMENTE FRACTURADOS)**

Para la determinación efectiva del espesor de sobrecapas de refuerzo se realizó por el procedimiento ASSHTO 93, los parámetros de diseño obtenidos continuación se detallan.

#### **3.6.1. Aforo vehicular**

El conteo vehicular se desarrolló durante siete días en horarios de 6.00 am hasta las 7:00 pm en una estación ubicada en la intersección de la calle 27 de noviembre y la avenida todos los santos (mercado Julio Vásquez Acuña).

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO

SENTIDO		E ←		S →	
UBICACIÓN		PAVIMENTACION LOCALIDAD DE CHOTA			
DIA		1			
ESTACION		LOCALIDAD DE CHOTA			
CODIGO DE LA ESTACION					
DIA Y FECHA	LUNES	24	04	2017	

HORA	SENTIDO	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	CAMION		SEMITRAYLER	TRAYLER
					2 E	2 E	3 E		3S1/3S2	2T2			
DIAGRA. VEH.													
00-01	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	E												
	S	21	3	4	1	0	4	0	1	5	1	0	0
07-08	E												
	S	34	9	3	4	0	8	1	2	9	3	0	0
08-09	E												
	S	42	10	4	6	0	9	0	0	3	5	0	0
09-10	E												
	S	24	5	6	8	1	5	0	0	8	2	0	0
10-11	E												
	S	20	5	3	4	0	3	0	0	3	4	0	0
11-12	E												
	S	24	6	3	6	0	10	0	6	1	4	0	0
12-13	E												
	S	47	6	5	3	0	8	0	2	6	3	0	0
13-14	E												
	S	38	7	5	10	1	7	1	2	9	1	0	0
14-15	E												
	S	33	6	3	4	0	6	0	1	9	1	0	0
15-16	E												
	S	30	5	5	6	0	7	0	0	6	3	0	0
16-17	E												
	S	30	5	3	8	0	5	0	1	4	0	0	0
17-18	E												
	S	29	6	5	5	0	4	0	2	5	2	0	0
18-19	E												
	S	25	4	5	8	0	7	0	3	2	1	0	0
19-20	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>PARCIAL:</b>		<b>397</b>	<b>77</b>	<b>54</b>	<b>73</b>	<b>2</b>	<b>83</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

ENCUESTADOR : YONEL NUÑEZ GUEVARA

DIA		2												
ESTACION														
CODIGO DE LA ESTACION														
DIA Y FECHA		MARTES		25	04	2017								
HORA	SENTIDO	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	CAMION			SEMTRAYLER	TRAYLER
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	2 E	3 E	3S1/3S2	2T2	
DIAGRA. VEH.														
00-01	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01-02	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02-03	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-04	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	E		24	3	0	4	0	2	0	0	4	2	0	
	S	24	3	0	4	0	2	0	0	4	2	0	0	
07-08	E		39	3	2	6	0	5	2	0	8	5	0	
	S	39	3	2	6	0	5	2	0	8	5	0	0	
08-09	E		44	4	2	6	1	8	0	0	9	9	0	
	S	44	4	2	6	1	8	0	0	9	9	0	0	
09-10	E		30	4	3	8	1	8	1	0	9	9	0	
	S	30	4	3	8	1	8	1	0	9	9	0	0	
10-11	E		23	4	2	8	0	11	0	0	8	6	0	
	S	23	4	2	8	0	11	0	0	8	6	0	0	
11-12	E		24	5	2	8	0	7	0	0	9	8	0	
	S	24	5	2	8	0	7	0	0	9	8	0	0	
12-13	E		37	4	1	7	0	7	1	0	10	5	0	
	S	37	4	1	7	0	7	1	0	10	5	0	0	
13-14	E		36	3	1	7	0	12	0	0	8	5	0	
	S	36	3	1	7	0	12	0	0	8	5	0	0	
14-15	E		33	4	0	7	1	8	1	0	6	5	0	
	S	33	4	0	7	1	8	1	0	6	5	0	0	
15-16	E		29	4	0	5	0	4	0	0	5	12	0	
	S	29	4	0	5	0	4	0	0	5	12	0	0	
16-17	E		28	2	1	6	0	3	0	0	5	8	0	
	S	28	2	1	6	0	3	0	0	5	8	0	0	
17-18	E		27	2	0	6	0	4	0	0	3	8	0	
	S	27	2	0	6	0	4	0	0	3	8	0	0	
18-19	E		19	5	1	7	0	3	1	0	3	6	0	
	S	19	5	1	7	0	3	1	0	3	6	0	0	
19-20	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-21	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21-22	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-23	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL:		393	47	15	85	3	82	6	0	87	88	0	0	

ENCUESTADOR : YONEL NUÑEZGUEVARA

DIA		3											
ESTACION				LOCALIDAD DE CHOTA									
CODIGO DE LA ESTACION													
DIA Y FECHA		MIERCOLES			26	04	2017						
HORA	SENTIDO	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	CAMION		SEMITRAYLER	TRAYLER
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	2 E	3 E	3S1/3S2	2T2
DIAGRA. VEH.													
00-01	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	E		0	0	1	1	6	2	0	3	0	0	0
	S	30											
07-08	E		3	0	5	1	8	0	0	9	0	0	0
	S	41											
08-09	E		4	0	9	1	9	2	0	9	2	0	0
	S	45											
09-10	E		4	0	8	1	7	0	0	11	0	0	0
	S	30											
10-11	E		5	0	8	1	11	0	0	11	0	0	0
	S	23											
11-12	E		4	1	8	0	9	0	0	10	0	1	0
	S	24											
12-13	E		4	0	7	0	8	0	0	7	0	0	0
	S	47											
13-14	E		3	0	7	1	8	0	0	8	0	1	0
	S	33											
14-15	E		3	0	5	0	8	1	0	9	2	0	0
	S	30											
15-16	E		3	0	4	1	7	0	0	11	3	0	0
	S	31											
16-17	E		3	0	4	0	7	0	1	9	0	1	0
	S	28											
17-18	E		3	1	8	0	5	0	0	6	0	0	0
	S	31											
18-19	E		2	0	2	1	4	1	0	8	0	0	0
	S	19											
19-20	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
20-21	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
21-22	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
22-23	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
23-24	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
PARCIAL:		412	41	2	76	8	97	6	1	111	7	3	0

ENCUESTADOR : YONEL NUÑEZ GUEVARA

DIA		4											
ESTACION				LOCALIDAD DE CHOTA									
CODIGO DE LA ESTACION													
DIA Y FECHA		JUEVES			27	04	2017						
HORA	SENTIDO	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	CAMION		SEMITRAYLER	TRAYLER
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	2 E	3 E	3S1/3S2	2T2
DIAGRA. VEH.													
00-01	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E		0										
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	E		0	0	6	0	7	0	0	2	1	0	0
	S	29											
07-08	E		2	0	9	0	14	0	0	9	6	0	0
	S	38											
08-09	E		0	1	12	0	12	0	0	12	1	0	0
	S	45											
09-10	E		3	0	13	0	13	0	0	12	0	0	0
	S	35											
10-11	E		3	0	11	0	14	2	0	13	5	0	0
	S	30											
11-12	E		0	0	14	1	13	0	0	10	5	0	0
	S	30											
12-13	E		6	1	11	0	13	0	0	11	5	2	0
	S	42											
13-14	E		5	1	12	1	15	0	0	10	5	0	0
	S	34											
14-15	E		3	0	11	0	15	0	0	11	1	0	0
	S	32											
15-16	E		4	1	11	0	14	0	0	8	2	0	0
	S	26											
16-17	E		2	0	7	0	13	0	0	9	2	0	0
	S	30											
17-18	E		5	0	7	0	15	1	0	9	1	0	0
	S	29											
18-19	E		4	1	7	0	7	1	0	5	0	0	0
	S	19											
19-20	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
20-21	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
21-22	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
22-23	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
23-24	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0											
PARCIAL:		419	37	5	131	2	165	4	0	121	34	2	0

ENCUESTADOR : YONEL NUÑEZ GUEVARA

DIA		5											
ESTACION				LOCALIDAD DE CHOTA									
CODIGO DE LA ESTACION													
DIA Y FECHA		VIERNES			28	04	2017						
HORA	SENTIDO	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	CAMION		SEMITRAYLER	TRAYLER
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	2 E	3 E	3S1/3S2	2T2
DIAGRA. VEH.													
00-01	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	E												
	S	23	1	0	2	0	2	0	0	6	0	0	0
07-08	E												
	S	41	3	0	4	0	3	0	0	9	2	0	0
08-09	E												
	S	39	1	0	8	0	5	0	0	9	4	0	0
09-10	E												
	S	30	1	0	9	0	8	0	0	8	6	0	0
10-11	E												
	S	22	1	0	9	0	6	0	0	10	5	0	0
11-12	E												
	S	28	4	0	11	0	8	0	0	10	5	1	0
12-13	E												
	S	44	1	0	11	0	9	0	0	10	7	0	0
13-14	E												
	S	35	1	1	12	0	6	0	1	9	6	0	0
14-15	E												
	S	30	1	0	9	0	7	0	0	9	5	0	0
15-16	E												
	S	29	1	0	10	0	7	0	0	7	9	0	0
16-17	E												
	S	35	3	0	9	0	10	0	1	8	5	0	0
17-18	E												
	S	29	2	0	9	0	5	0	0	8	5	0	0
18-19	E												
	S	19	1	0	7	0	1	0	0	5	4	1	0
19-20	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL:		404	21	1	110	0	77	0	2	108	63	2	0

ENCUESTADOR : YONEL NUÑEZ GUEVARA

DIA		6											
ESTACION				LOCALIDAD DE CHOTA									
CODIGO DE LA ESTACION													
DIA Y FECHA		SABADO		29	04	2017							
HORA	SENTIDO	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON				MICRO	BUS	CAMION		SEMITRAYLER	TRAYLER
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	2 E	3 E	3S1/3S2	2T2
DIAGRA. VEH.													
00-01	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	E		31	2	0	3	0	3	0	0	5	0	0
	S	31	2	0	3	0	3	0	0	5	0	0	0
07-08	E		40	4	0	8	0	8	0	0	10	3	0
	S	40	4	0	8	0	8	0	0	10	3	0	0
08-09	E		51	5	1	9	0	8	0	0	13	9	0
	S	51	5	1	9	0	8	0	0	13	9	0	0
09-10	E		36	3	0	5	0	10	0	0	15	6	0
	S	36	3	0	5	0	10	0	0	15	6	0	0
10-11	E		30	5	0	9	0	16	0	0	10	8	0
	S	30	5	0	9	0	16	0	0	10	8	0	0
11-12	E		39	4	1	15	0	14	0	0	15	5	1
	S	39	4	1	15	0	14	0	0	15	5	1	1
12-13	E		48	4	0	13	0	15	0	0	12	12	0
	S	48	4	0	13	0	15	0	0	12	12	0	0
13-14	E		32	4	0	15	1	14	0	0	16	9	0
	S	32	4	0	15	1	14	0	0	16	9	0	1
14-15	E		33	4	0	15	0	14	0	0	15	9	1
	S	33	4	0	15	0	14	0	0	15	9	1	0
15-16	E		30	3	1	12	0	17	0	0	15	7	1
	S	30	3	1	12	0	17	0	0	15	7	1	1
16-17	E		32	4	0	12	0	18	0	0	15	10	1
	S	32	4	0	12	0	18	0	0	15	10	1	0
17-18	E		29	4	0	15	0	17	0	0	13	11	0
	S	29	4	0	15	0	17	0	0	13	11	0	0
18-19	E		31	2	0	8	0	12	0	0	7	8	0
	S	31	2	0	8	0	12	0	0	7	8	0	0
19-20	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL:		462	48	3	139	1	166	0	0	161	97	4	3

ENCUESTADOR : YONEL NUÑEZ GUEVARA

DIA		7											
ESTACION				LOCALIDAD DE CHOTA									
CODIGO DE LA ESTACION													
DIA Y FECHA		DOMINGO			30	04	2017						
HORA	SENTIDO	MOTO TAXI	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	CAMION		SEMITRAYLER	TRAYLER
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	2 E	3 E	3S1/3S2	3S3
DIAGRA. VEH.													
00-01	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	E												
	S	28	2	0	6	0	4	0	0	4	1	0	0
07-08	E												
	S	45	3	0	10	0	9	0	0	6	3	0	0
08-09	E												
	S	52	4	0	12	0	11	1	0	10	9	0	0
09-10	E												
	S	40	4	1	12	0	16	1	0	15	10	0	0
10-11	E												
	S	42	5	0	15	0	19	0	0	15	10	0	0
11-12	E												
	S	34	4	0	17	0	18	1	0	14	8	0	0
12-13	E												
	S	53	3	0	16	0	18	1	0	16	11	0	0
13-14	E												
	S	33	4	0	19	0	17	1	0	14	9	1	0
14-15	E												
	S	31	3	1	16	0	15	1	0	13	10	0	0
15-16	E												
	S	32	2	0	16	0	16	0	0	15	11	0	1
16-17	E												
	S	26	2	0	15	0	19	1	0	14	11	1	0
17-18	E												
	S	20	1	0	14	0	8	0	0	9	2	0	0
18-19	E												
	S	34	2	0	13	0	5	1	0	8	3	0	0
19-20	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E												
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>PARCIAL:</b>		<b>470</b>	<b>39</b>	<b>2</b>	<b>181</b>	<b>0</b>	<b>175</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>153</b>	<b>98</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

ENCUESTADOR : YONEL NUÑEZ GUEVARA

### 3.6.2. Cuadro de resumen de Aforo vehicular

Tabla N° 58 resumen conteo de tráfico:

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Moto Taxi	397	393	412	419	404	462	470
Auto	77	47	41	37	21	48	39
Station Wagon	54	15	2	5	1	3	2
Pick Up	73	85	76	131	110	139	181
Panel	2	3	8	2	0	1	0
Combi Rural	83	82	97	165	77	166	175
Micro	2	6	6	4	0	0	8
Bus 2E	20	0	1	0	2	0	0
Camión 2E	70	87	111	34	108	161	153
Camión 3E	30	88	7	2	63	97	98
Semitrayler 3S1/3S2	0	0	3	2	2	4	2
Trayler 2T2	0	0	0	2	0	3	0
3S3	0	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>808</b>	<b>806</b>	<b>764</b>	<b>803</b>	<b>788</b>	<b>1084</b>	<b>1129</b>

### 3.6.3. Cálculo del IMDa

Se desarrolló mediante la aplicación de la fórmula

$$IMD_a = IMD_s * FC$$

$$IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

**Dónde:**  $IMD_s =$  Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada  
 $IMD_a =$  Índice Medio Anual  
 $V_i =$  Aforo Vehicular diario de cada uno de los días de conteo  
 $FC =$  Factores de Corrección Estacional

Tabla N° 59 Calculo del  $IMD_s$

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	$IMD_s$
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
Auto	77	47	41	37	21	48	39	310	44
Station Wagon	54	15	2	5	1	3	2	82	12
Pick Up	73	85	76	131	110	139	181	795	114
Panel	2	3	8	2	0	1	0	16	2
Combi Rural	83	82	97	165	77	166	175	845	121
Micro	2	6	6	4	0	0	8	26	4
Bus 2E	20	0	1	0	2	0	0	23	3
Camión 2E	70	87	111	121	108	161	153	811	116
Camión 3E	30	88	7	34	63	97	98	417	60
Semitrayler 3S1/3S2	0	0	3	2	2	4	2	13	1.86
Trayler 2T2	0	0	0	0	0	3	0	3	0.43
3S3	0	0	0	0	0	0	1	1	0.14
<b>TOTAL</b>	<b>411</b>	<b>413</b>	<b>352</b>	<b>501</b>	<b>384</b>	<b>622</b>	<b>658</b>	<b>3341</b>	<b>477</b>

- Tasa de Crecimiento x Región en %  $r_{vp} = 0.90$  Tasa de Crecimiento Anual de la Población (para vehículos de pasajeros)
- $r_{vc} = 7.10$  Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional (para vehículos de carga)

### 3.6.4. Cálculo del número de ESALs

- FCR para un periodo de 15 años (según las tasas de crecimiento para vehículos ligeros y pesados), de la tabla N° 08.

		FCR para 15 años
tasa de crecimiento vehículos ligeros	0.90	15
tasa de crecimiento vehículos pesados	7.10	25.16

Tabla N° 60 Cuadro de resumen de ESALs de diseño

VEHICULOS	IMD	FCR	N° DIAS	F. CAMION	ESALs DISEÑO	
<b>Auto</b>	37	15	365	0.00137624	278.791818	
<b>Station Wagon</b>	10	15	365	0.00187228	102.50733	
<b>Pick Up</b>	94	15	365	0.00804624	4140.997416	
<b>Panel</b>	2	15	365	0.00804624	88.106328	
<b>Combi Rural</b>	100	15	365	0.02887798	15810.69405	
<b>Micro</b>	3	15	365	3.62919700	59609.56073	
<b>Bus 2E</b>	3	25.16	365	4.1519206	114386.2429	
<b>Camión 2E</b>	106	25.16	365	4.1519206	4041647.25	
<b>Camión 3E</b>	54	25.16	365	4.2775606	2121257.701	
<b>Semitrayler 3S1/3S2</b>	2	25.16	365	7.9001166	145099.8616	
<b>Trayler 2T2</b>	0.39	25.16	365	11.4030406	40905.43265	
<b>3S3</b>	0.13	25.16	365	8.8168646	10542.7337	
<b>TOTAL DE ESALs</b>					<b>6553869.879</b>	<b>PAV. RIGIDO</b>
					<b>4369246.586</b>	<b>PAV.FLEXIBLE</b>

### 3.6.5. Determinación del número estructural requerido para el tránsito futuro (SNf).

Se tuvo que tener en cuenta lo siguiente antes de la aplicación:

- **Confiabilidad.** Según la tabla 13

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
<b>Colectoras</b>	<b>80 – 95</b>	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Se consideró una confiabilidad del 90% por tratarse de una avenida muy transitada

- **Desviación estándar  $S_0$ .** Según tabla N° 12

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR ( $S_0$ )	
	Pav. rígido	Pav. flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.39	0.49

Adoptamos el valor de  $S_0 = 0.49$

- **Perdida de serviciabilidad PSI (pavimento flexible)**

#### Serviviabilidad inicial ( $P_0$ )

Según AASHTO para pavimentos flexibles recomienda una serviciabilidad inicial equivalente a 4.20.

#### Serviciabilidad final ( $P_t$ )

Pt	Clasificación
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

$$\Delta PSI = 4.20 - 2.50 \longrightarrow \Delta PSI = 1.70$$

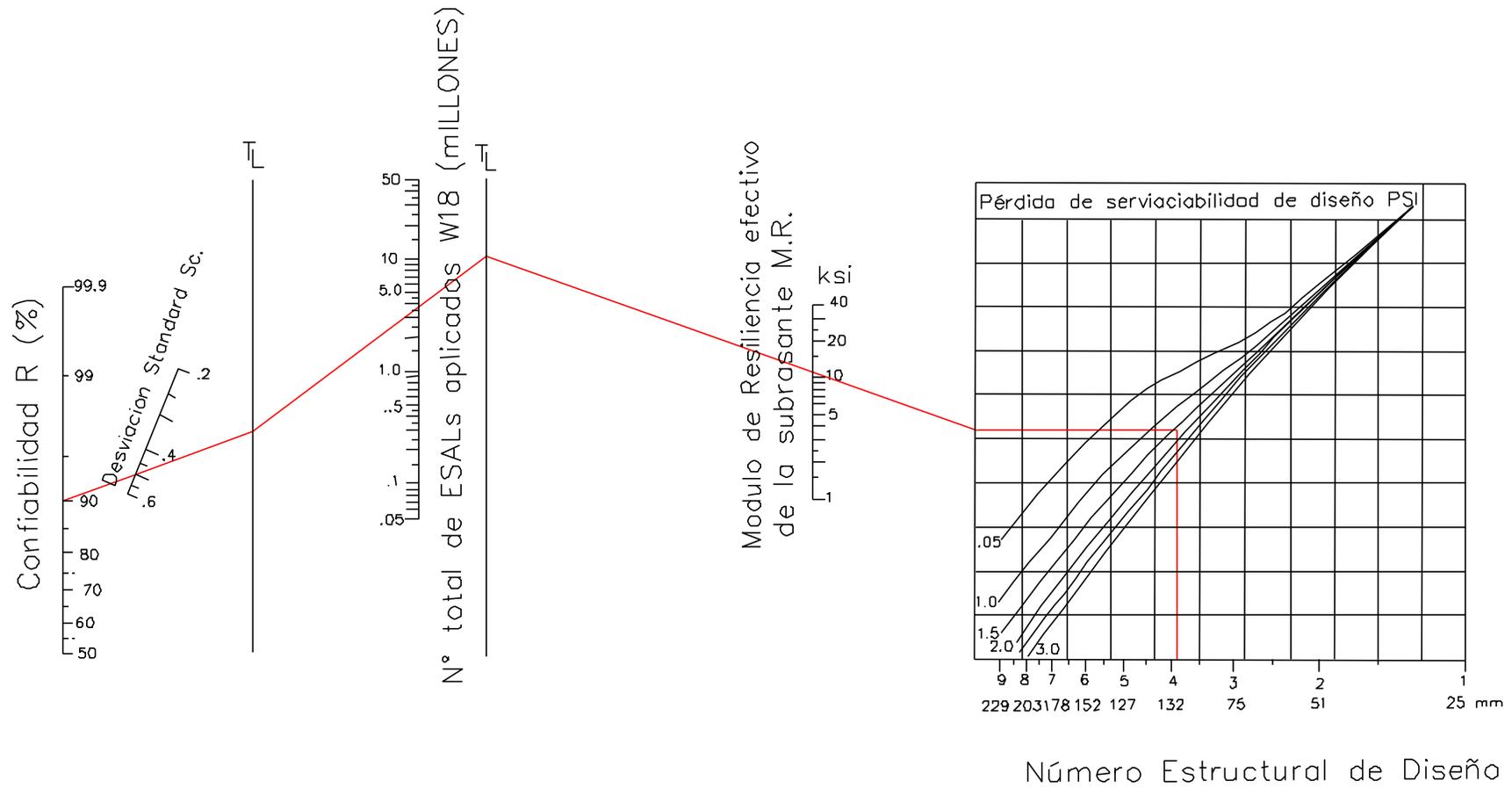
- **Módulo de resiliente efectivo del suelo de fundación,  $M_R$  (psi)**

Par la determinación del módulo resiliente, se tuvo que realizar el respectivo estudio de suelos para determinar el CBR, para ello se practicaron 03 calicatas, obteniendo los resultados siguientes: 6.5%, 6.8 % Y 7.10%, para encontrar el módulo resiliente se tomó el valor promedio, equivalente del CBR = 6.80% (ver anexo estudio de suelos)

$$M_R = 1500 \times CBR$$

$$M_R = 1500 \times 6.80 \quad M_R = 10,200.00$$

Figura N° 46.



Según la figura se puede determinar el valor de  $SN_f = 3.80$  in

### 3.6.6. Determinación del número estructural efectivo del pavimento existente (SNef).

Para calcular el SNef, previamente se tuvo que calcular todos los parámetros involucrados, y se detallan a continuación.

#### - Espesor de losa fracturada ( $D_2$ ).

De acuerdo a la excavación que se hizo para el estudio de suelo, se pudo hallar este parámetro equivalente a:  $D_2 = 20 \text{ cm} = 8 \text{ in.}$

#### - Espesor de Subbase ( $D_3$ )

De acuerdo a la excavación que se hizo para el estudio de suelo, se pudo hallar este parámetro equivalente a:  $D_3 = 25 \text{ cm} = 10 \text{ in.}$

#### - Coeficiente estructural para la losa fracturada ( $a_2$ )

Para determinar este valor se tuvo que hacer uso de la tabla N°09.

MATERIAL	ESTADO DE LA LOSA	COEFICIENTE
C°A° (concreto armado) con juntas Rotura y asentamiento	Trozos mayores de 0.30 m (1 pie) con armadura rota o por lo menos sin adherencia con el concreto	0.20 – 0.35
C°S° (concreto simple) Fisurado y asentamiento	Trozos entre 0.3 y 1.0 m (1 a 3 pie)	0.20 – 0.35
Triturado y compactado (válido para C°S°, C°A° c/juntas, C°A° continuo)	Losa completamente fracturada con trozos menores de 0.3 m ( 1 pie)	0.14 – 0.30
Base o subbase granular o estabilizada	Sin evidencia de degradación o intrusión de finos	0.10 – 0.14
	Alguna evidencia de degradación o intrusión de finos	0.00 – 0.14

Se adoptó el valor de  $a_2 = 0.30$

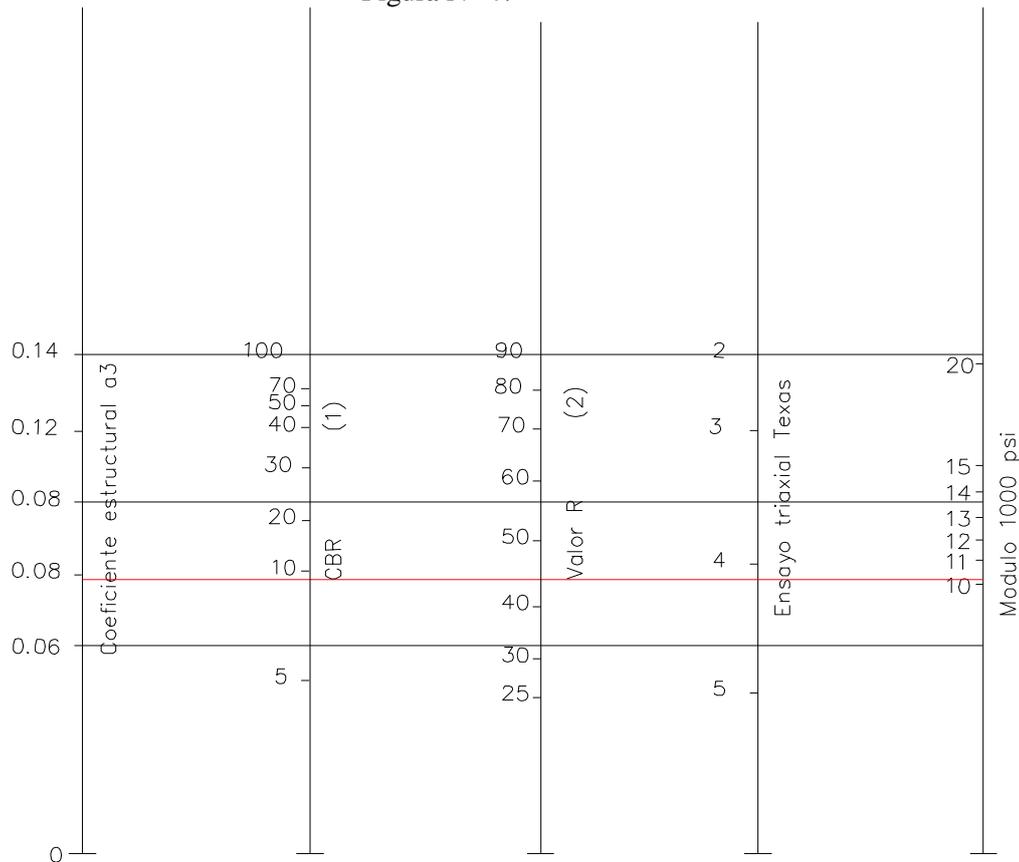
#### - Coeficiente estructural de la subbase ( $a_3$ )

Se determinó mediante correlación con otros parámetros resistentes, como son: CBR, módulo resiliente, etc.

El CBR promedio obtenido del estudio de suelos es de 6.80% (Anexo estudio de suelos) y un  $M_R = 10,200.00$ .

El coeficiente obtenido de acuerdo a la figura es de  $a_3 = 0.078$ .

Figura N° 47



- **Coeficiente de drenaje para losa fracturada ( $m_2$ )**

Para  $m_2$  se adoptó en cuenta las recomendaciones de AASHTO, el valor igual a 1.0 debido a la falta de información de las características de drenaje de la losa fracturada.

- **Coeficiente de drenaje para pavimentos rígidos ( $m_3$ )**

Para  $m_3$  utilizamos la tabla (tabla 15). Los valores se seleccionan de acuerdo a los criterios vistos en el marco teórico.

Para propósitos de diseño, se ha considerado que la subbase tiene características de drenaje regular y está saturado el 25 % del tiempo (se ha considerado el 25% debido a que la ciudad de Chota es zona lluviosa a partir del mes de noviembre hasta el mes de mayo aproximadamente), correspondiéndole un coeficiente de drenaje de 0.90.

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

- **Aplicación de la fórmula para determinar Determinación del número estructural efectivo del pavimento existente (SN<sub>ef</sub>).**

$$SN_{ef} = a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

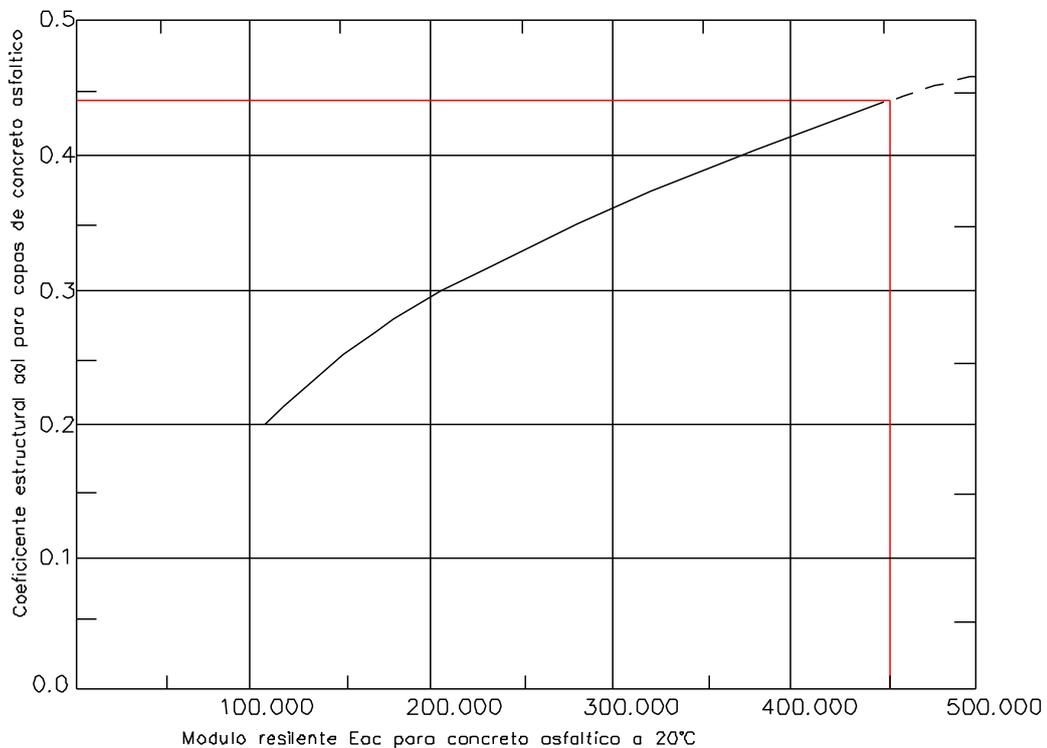
$$SN_{ef} = 0.30 \times 8 \times 1 + 0.078 \times 10 \times 0.90$$

$$SN_{ef} = 3.102 \text{ in}$$

### 3.6.7. Determinación del coeficiente estructural para el refuerzo de concreto asfáltico (a<sub>ol</sub>) para un módulo de elasticidad 450000.00

$$a_{ol} = 0.44$$

Figura N° 48



### 3.6.8. Determinación del espesor de refuerzo

Luego de haber determinado todos los parámetros necesarios para calcular el espesor de refuerzo, se procedió a determinación del mismo, según lo indicado en el ítem 2.2.21

$$D_{ol} = (SN_{ol}/a_{ol}) = (SN_f - SN_{ef})/a_{ol}$$

$$SN_f = 3.80 \text{ in.}$$

$$SN_{ef} = 3.102 \text{ in.}$$

$$A_{ol} = 0.44$$

$$D_{ol} = ((3.80 - 3.102)/0.44) = (0.698/0.44)$$

$$D_{ol} = 1.59 \text{ in} = 1.60 \text{ in.}$$

Entonces según calculo adoptamos un  $D_{ol} = 1.60 \text{ in.}$

### 3.7. DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

Se utilizara para el tramo que se encuentra entre las progresivas 0+160 y 0+680 de la avenida en estudio, para ello se utilizaran algunos parámetros vistos en el diseño de sobrecapas asfálticas tales como: el número de ESALs, confiabilidad, serviciabilidad.

#### - Módulo elástico del concreto $E_c$

Se calculó mediante la fórmula:

$$E_c = 57000x(f'c)^{0.5}$$

Consideramos que el pavimento tenga una resistencia  $f'c = 300\text{Kg/cm}^2 = 4266.99 \text{ psi}$

Por lo tanto:  $E_c = 57000x(4266.99)^{0.5} = 4.9 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$$E_c = 5 \times 10^6 \text{ psi}$$

#### - Módulo de rotura del concreto $S_c$ o $M_R$

El módulo de rotura del concreto para una resistencia de  $300\text{kg/cm}^2$  es de:

$1\text{kg/cm}^2 = 14.2233 \text{ psi}$ , entonces  $300\text{kg/cm}^2 = 4266.99 \text{ psi}$

$$S_c = k(fc)^{0.5}$$

$$7 < k < 12$$

Adoptamos el valor de  $k = 10$

$$S_c = 10(4266.99)^{0.5}$$

$$MR = 650 \text{ psi}$$

#### - Módulo efectivo de reacción de la sub rasante " $K_{\infty}$ "

De acuerdo al estudio de suelos practicado se obtuvo un CRB de 6.80 % para la sub rasante.

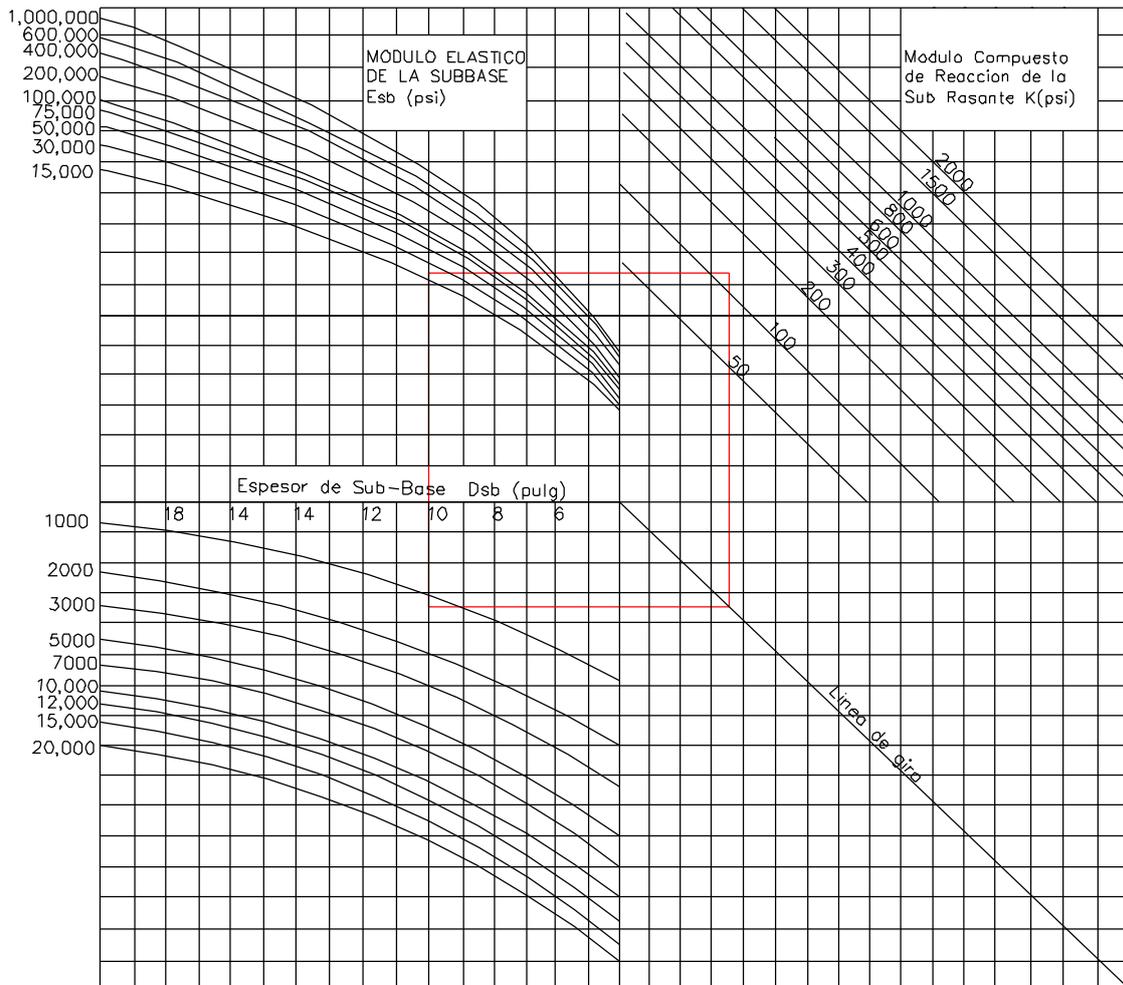
#### Descripción del suelo

Arenas y mezclas de arena con gravas, con una cantidad considerable de limo y arcilla Por lo tanto el valor determinado según el informe del estudio de mecánica de suelos, se determinó que el según la fórmula es:  $MR = 1500 \times CBR = 10,200.00$ .

Para determinar el módulo de elasticidad de la sub base  $E_{SB}$ , se realizó el estudio de cantera practicado en la cantera El Suro, arrojando un  $E_{SB} = 1986.35 \text{ kg/cm}^2$  equivalente a un aproximado de 28,000.00 psi.

El espesor de sub base considerado para la reconstrucción de los tramos dañados será de 25 cm, equivalente a: 10 pulg.

Figura N° 49



$K_{\infty} = 130 \text{ pci}$

**Confiabilidad “R”**

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

De acuerdo a la tabla se adoptó el valor de la confiabilidad de  $R = 90\%$

- **Desviación estándar total “S<sub>0</sub>”**

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S <sub>0</sub> )	
	Pav. rígido	Pav. flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.39	0.49

De acuerdo a la tabla se adoptó el valor S<sub>0</sub> = 0.39

- **Numero de ESAL**

Del cálculo se obtuvo ESALs = 7,199,995.304

- **Perdida de serviciabilidad de diseño “ΔPSI”**

**Serviciabilidad inicial P<sub>0</sub>:** ASSHTO recomienda 4.5 para pavimentos rígidos.

**Serviciabilidad final P<sub>t</sub>**

Pt	Clasificación
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Por lo tanto la pérdida de serviciabilidad es:

$$\Delta\text{PSI} = 4.5 - 2.5 \qquad \Delta\text{PSI} = 2$$

- **Coefficiente de drenaje “C<sub>d</sub>”**

C <sub>d</sub>	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
		< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	2 horas	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Se ha considerado un drenaje de calidad buena y un 1% de porcentaje de tiempo en el que la estructura está expuesta a niveles próximos a la saturación.

$$C_d = 1.10$$

Se obtuvo considerando el estudio de suelos y también las condiciones de clima de la ciudad de Chota, donde se tiene periodo de lluvia a partir del mes de noviembre y se prolonga hasta el mes de abril aproximadamente.

**- coeficiente de transferencia de carga “J”**

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
ESALs en millones	Con pasadores con o sin refuerzo de temperatura		Con refuerzo continuo		Sin pasadores (fricción entre agregados)		
Hasta 0.3	2.7	3.2	2.8	3.2	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 – 1	2.7	3.2	3.0	3.4	-	-	
1 – 3	2.7	3.2	3.1	3.6	-	-	
3 – 10	2.7	3.2	3.2	3.8	2.5	2.9	Caminos principales y autopistas
10 – 30	2.7	3.2	3.4	4.1	2.6	3.0	
más de 30	2.7	3.2	3.6	4.3	2.6	3.1	

Según la tabla se puede apreciar que para 7, 199,995.304 el coeficiente de transferencia de carga  $J = 2.7$

**- Determinación del espesor de pavimento de concreto**

Luego de haber calculado todos los parámetros necesarios, se procedió a determinar el espesor de pavimento hidráulico, de acuerdo con el ábaco AASHTO 93 (figura N° 43), como se puede apreciar a continuación.

El espesor de la losa (D) de diseño  $D = 8.5$  pulg

$$D = 22 \text{ cm}$$

Figura N° 50 (a)

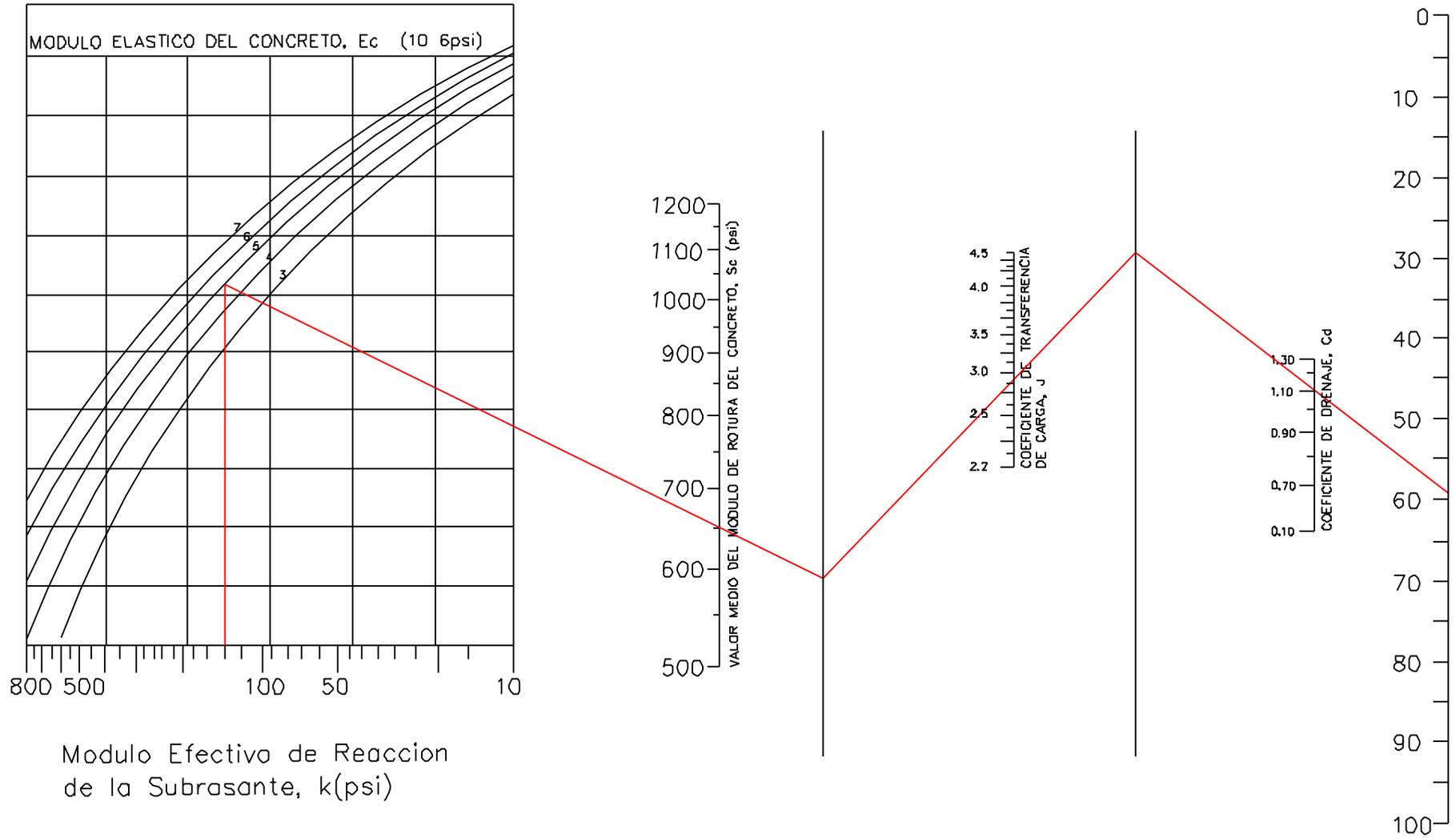
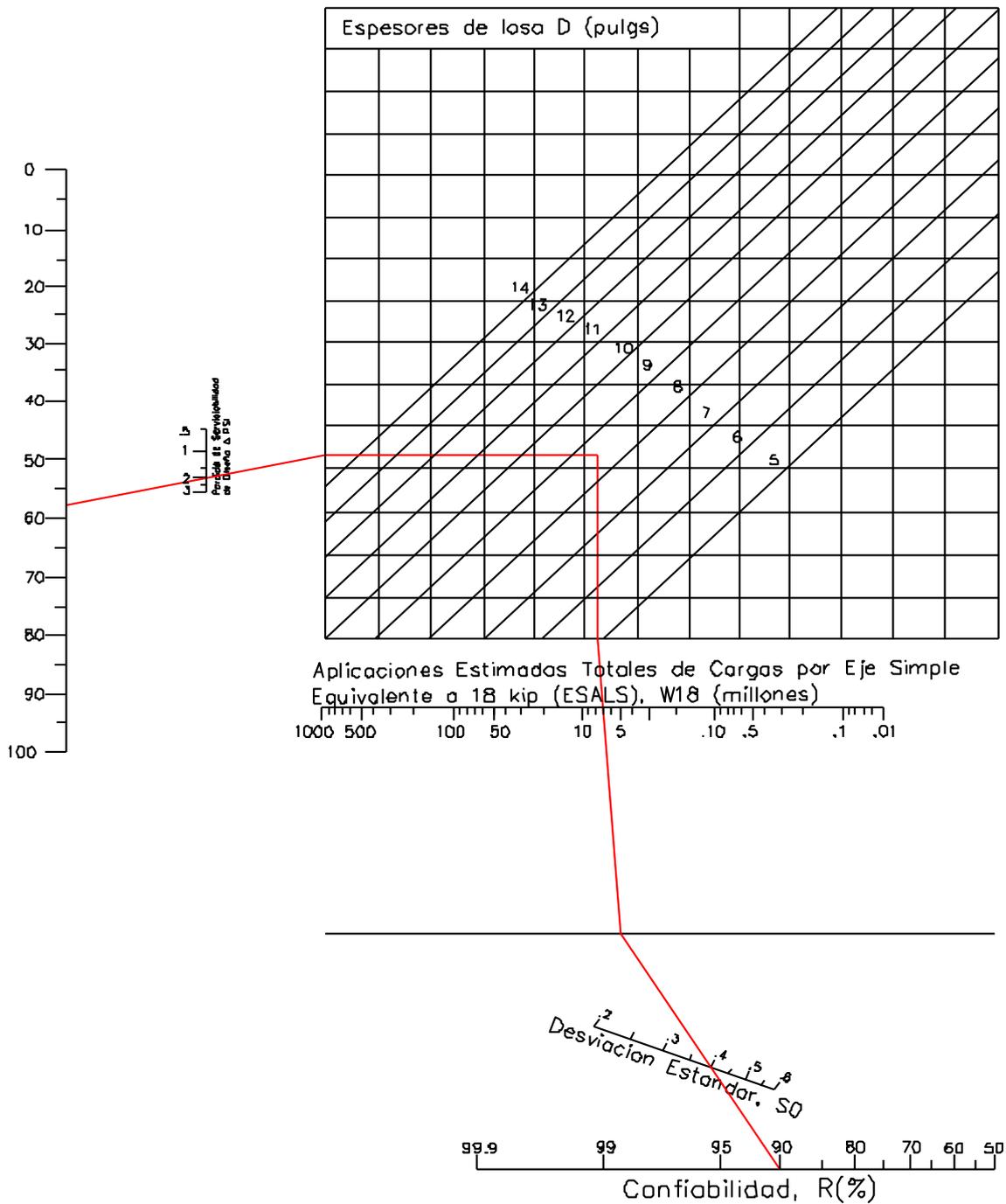


Figura N° 50 (b)



### 3.8. DISEÑO DE CUNETETA

Diseño de cuneta de sección rectangular tramo 0+800 a 0+957

1. La intensidad se obtuvo de los datos proporcionados por el SENAMHI, de la estación pluviométrica Rio chotano Lajas (<https://senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0033>), siendo la intensidad máxima en el mes de abril.

I máxima. = 115.05 mm/hra

I máxima. = 0.000032 m/s

2. Calculamos el caudal de diseño mediante la fórmula:

$$Q_{\text{diseño}} = CIA$$

C: Coeficiente de escorrentía (obtenido de Chow 1988), considerando que según MTC considera un periodo de retorno para cunetas  $T_r = 10$  años

$C = 0.83$

Tipo de superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Zonas urbanas</b>							
Asfalto	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Cemento, tejados	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
<b>Zonas verdes (céspedes, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre (cobertura vegetal inferior al 50% de la superficie)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Pendiente media (2-7%)	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente alta (> 7%)	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
<i>Condición media (cobertura vegetal entre el 50% y el 75% del área)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Pendiente media (2-7%)	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente alta (> 7%)	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
<i>Condición buena (cobertura vegetal superior al 75%)</i>							
Pendiente baja (0-2%)	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Pendiente media (2-7%)	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente alta (> 7%)	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58

$$I = 3.196 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

$$A = 1651.658 \text{ m}^2 \text{ (área Auto CAD)}$$

Reemplazamos en la fórmula

$$Q_{\text{diseño}} = CIA$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.83 \times 3.196 \times 10^{-5} \times 1651.658 / 2$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0.0229 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Cálculo de las dimensiones de la cuneta mediante Software HCANALES

Ecuación de Maning

$$Q = 1/n (A \times R^{2/3} \times S^{1/2})$$

Dónde:

$$n: \text{coeficiente de rugosidad} = 0.013$$

$$Q: \text{caudal de diseño} = 0.0229 \text{ m}^3/\text{s}$$

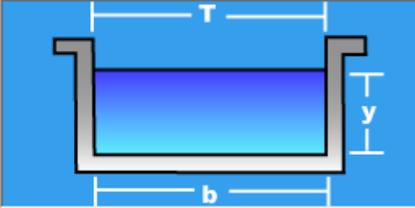
$$b: \text{base} = 0.30$$

$$S: \text{pendiente (AutoCAD)} = 0.075 \text{ m/m}$$

Lugar:	AV. TODOS LOS SANTOS	Proyecto:	PROPUESTA DE REHABILIT
Tramo:	0+800 a 0+957	Revestimiento:	CEMENTO PULIDO

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	0.0229 m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.3 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.075 m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	0.0375 m	Perímetro (p):	0.3750 m
Area hidráulica (A):	0.0113 m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0300 m
Espejo de agua (T):	0.3000 m	Velocidad (v):	2.0345 m/s
Número de Froude (F):	3.3535	Energía específica (E):	0.2485 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Diseño de cuneta de sección rectangular tramo 0+600 a 0+800

$$Q = 1/n (A \times R^{2/3} \times S^{1/2})$$

n: coeficiente de rugosidad = 0.013

Q: caudal de diseño =  $0.83 \times 3.196 \times 10^{-5} \times 1200.69/2 = 0.016 \text{ m}^3/\text{s}$

b: base = 0.30

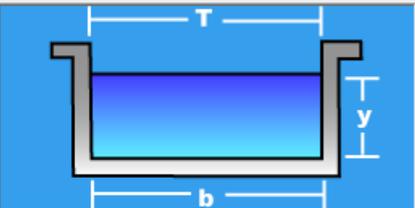
S: pendiente (AutoCAD) = 0.16 m/m

S: pendiente (AutoCAD) = 0.10 m/m

Lugar:	AV. TODOS LOS SANTOS	Proyecto:	PROPUESTA DE REHABILIT
Tramo:	0+600 a 0+800	Revestimiento:	CEMENTO PULIDO

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	0.0595 m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.3 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.10 m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	0.0644 m	Perímetro (p):	0.4288 m
Area hidráulica (A):	0.0193 m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0451 m
Espejo de agua (T):	0.3000 m	Velocidad (v):	3.0799 m/s
Número de Froude (F):	3.8751	Energía específica (E):	0.5479 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Diseño de cuneta de sección rectangular tramo 0+400 a 0+600

$$Q = 1/n (A \times R^{2/3} \times S^{1/2})$$

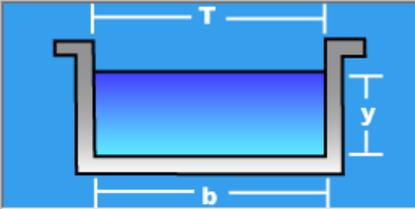
n: coeficiente de rugosidad = 0.013  
 Q: caudal de diseño =  $0.83 \times 3.196 \times 10^{-5} \times 3316.88 / 2 = 0.0439 \text{ m}^3/\text{s}$   
 b: base = 0.30  
 S: pendiente (AutoCAD) = 0.085 m/m

Lugar:	AV. TODOS LOS SANTOS	Proyecto:	PROPUESTA DE REHABILIT
Tramo:	0+400 a 0+600	Revestimiento:	CEMENTO PULIDO

**Datos:**

Caudal (Q):	0.0439	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.3	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.085	m/m

**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.0554	m	Perímetro (p):	0.4108	m
Área hidráulica (A):	0.0166	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0404	m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	2.6425	m/s
Número de Froude (F):	3.5852		Energía específica (E):	0.4113	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Diseño de cuneta de sección rectangular tramo 0+200 a 0+400

$$Q = 1/n (A \times R^{2/3} \times S^{1/2})$$

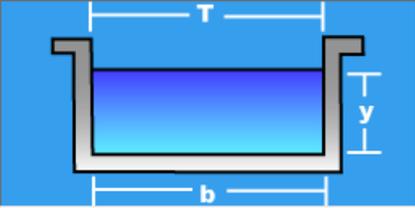
n: coeficiente de rugosidad = 0.013  
 Q: caudal de diseño =  $0.83 \times 3.196 \times 10^{-5} \times 2910.32 / 2 = 0.0386 \text{ m}^3/\text{s}$   
 b: base = 0.30  
 S: pendiente (AutoCAD) = 0.040 m/m

Lugar:	AV. TODOS LOS SANTOS	Proyecto:	PROPUESTA DE REHABILIT
Tramo:	0+200 a 0+400	Revestimiento:	CEMENTO PULIDO

**Datos:**

Caudal (Q):	0.0386	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.3	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.04	m/m

**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.0655	m	Perímetro (p):	0.4310	m
Área hidráulica (A):	0.0197	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0456	m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	1.9637	m/s
Número de Froude (F):	2.4493		Energía específica (E):	0.2621	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Diseño de cuneta de sección rectangular tramo 0+000 a 0+200

$$Q = 1/n (A \times R^{2/3} \times S^{1/2})$$

n: coeficiente de rugosidad = 0.013

Q: caudal de diseño =  $0.83 \times 3.196 \times 10^{-5} \times 1970.342 / 2 = 0.027 \text{ m}^3/\text{s}$

b: base = 0.30

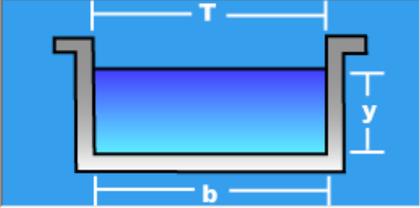
S: pendiente (AutoCAD) = 0.030 m/m

Lugar:	AV. TODOS LOS SANTOS	Proyecto:	PROPUESTA DE REHABILIT
Tramo:	0+000 a 0+200	Revestimiento:	CEMENTO PULIDO

**Datos:**

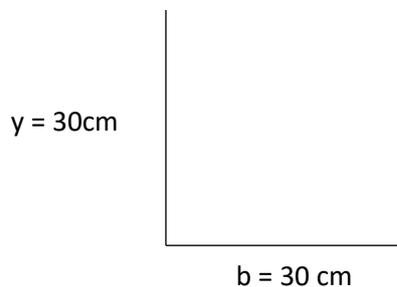
Caudal (Q):	0.027	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.3	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.03	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.0567	m	Perímetro (p):	0.4134	m
Área hidráulica (A):	0.0170	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0411	m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	1.5877	m/s
Número de Froude (F):	2.1292		Energía específica (E):	0.1852	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Según cálculos se puede observar que el tirante considerado para el diseño de cunetas del lado izquierdo y derecho no supera los diez centímetros (10 cm), por lo que fue necesario colocar el tirante mínimo recomendado por manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, quedando el diseño con las siguientes dimensiones: base (b) = 30 cm y un tirante (y) = 30 cm.



## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS**

- De la evaluación realizada para la determinación del índice de Estado del pavimento (PCI) en la Todos los Santos de la ciudad de Chota, se obtuvo lo siguiente:

La muestra 01 contiene 26 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 59.00, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en buen estado, tal como se indica en la tabla 04.

La muestra 03 contiene 16 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 26.08, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en mal estado, tal como se indica en la tabla 04.

La muestra 05 contiene 16 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 13.02, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en muy mal estado, tal como se indica en la tabla 04.

La muestra 07 contiene 16 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 29.59, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en mal estado, tal como se indica en la tabla 04.

La muestra 09 contiene 24 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 30.62, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en mal estado, tal como se indica en la tabla 04.

La muestra 11 contiene 24 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 20.52, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en muy mal estado, tal como se indica en la tabla 04.

La muestra 13 contiene 24 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 22.61, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en muy mal estado, tal como se indica en la tabla 04.

La muestra 15 contiene 16 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 23.12, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en muy mal estado, tal como se indica en la tabla 04.

La muestra 17 contiene 16 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 44.11, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en regular estado, tal

como se indica en la tabla 04.

La muestra 19 contiene 16 paños de concreto, este tramo tiene un PCI de 50.46, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en regular estado, tal como se indica en la tabla 04.

La muestra 23 contiene 16 paños de concreto rígido, este tramo tiene un PCI de 47.80, según el rango de calificación de la norma ASTM 06433-99 está en regular estado, tal como se indica en la tabla 04.

- De la evaluación realizada para la determinación del índice superficial (Is) (VIZIR) en la Todos los Santos de la ciudad de Chota, se obtuvo lo siguiente:

La muestra N° 01 contiene 26 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 3, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regula estado.

La muestra N° 02 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 2, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regula estado.

La muestra N° 03 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 3, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regula estado.

La muestra N° 04 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 5, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 05 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 5, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 06 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 6, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 07 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 6, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 08 contiene 24 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 5, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 09 contiene 24 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 6, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 10 contiene 24 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 6, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 11 contiene 24 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 6, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 12 contiene 24 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 6, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 13 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 6, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 14 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 4, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regular estado.

La muestra N° 15 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 5, según el rango de clasificación de de la tabla 05 la cual es deficiente.

La muestra N° 16 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 3, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regular estado.

La muestra N° 17 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 3, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regular estado.

La muestra N° 18 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 4, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regular estado.

La muestra N° 19 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 4, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regular estado.

La muestra N° 20 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 3, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regular estado.

La muestra N° 21 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 3, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regular estado.

La muestra N° 22 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 3, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regular estado.

La muestra N° 23 contiene 16 paños de concreto rígido, los cuales presentan un Is de 3, según el rango de clasificación de de la tabla 05 está en regular estado.

- De los cálculos realizados para la determinación del espesor de sobrecapas de refuerzo en la Todos los Santos de la ciudad de Chota, se obtuvo lo siguiente:

El conteo vehicular realizado en el mes de abril, durante los 7 días de conteo se pudo observar los siguientes vehículos que transitan por la avenida; moto taxi, auto, station wagon, pick Up, panel, combi rural, micro, bus 2E, camión 2E, camión 3E, semitrayler 3S1, semitrayler 3S2, trayler 2T2, trayler 3S3.

Del cuadro de resumen vehicular se puede observar la cantidad de vehículos por cada día que circularon en las horas de conteo: para el día lunes = 808 vehi., día martes 806 vehi., miércoles 764 vehi., jueves 803 vehi., viernes 788 vehi., sábado 1084 vehi., domingo 1229 vehi.

Para el cálculo del IMDa no se consideró moto taxis, debido que es considerado por el MTC vehículos que no causan daño al pavimento.

Por lo tanto el IMDa calculado fue de 477 vehi/ día/annual

La tasa de crecimiento considerado para el departamento de Cajamarca es de 0.90 para vehículos de pasajeros y una tasa de crecimiento de 7.10 para vehículos de carga; de acuerdo con la tasa de crecimiento considerada, se determinó el FCR para un periodo de 15

años: 15 para vehículos ligeros y 25.16 para vehículos pesados, de acuerdo a la tabla N° 08.

El número de ESALs determinado de acuerdo a los parámetros usados es de 7' 199,995 (pavimento Rígido) y 4'799,997 (pavimento flexible).

El número estructural requerido para el tránsito futuro ( $SN_f$ ), de acuerdo con los parámetros como: confiabilidad (R) = 90%, desviación estándar  $S_0 = 0.49$ , módulo de resiliente efectivo del suelo de fundación ( $M_R$ ) = 10,200(psi), es de 3.80 in.

Para el estudio de suelos se practicaron 03 calicatas, al inicio, al centro y al final de la avenida, obteniéndose los resultados de CBR siguientes; 6.8 %, 6.5 % y 7.10 %.

Según el estudio de cantera para la colocar la capa de subbase se obtuvo un módulo de elasticidad  $E_{SB} = 1986.35 \text{ kg/cm}^2 = 28,000.00 \text{ psi}$ .

El número estructural efectivo del pavimento existente ( $SN_{ef}$ ) de acuerdo a los parámetros encontrados como son: espesor de losa fracturada  $D_2 = 20 \text{ cm}$ , espesor de subbase  $D_3 = 25 \text{ cm}$ , coeficiente estructural para losa fracturada  $a_2 = 0.30$ , coeficiente estructural de la subbase  $a_3 = 0.078$ , coeficiente de drenaje para losa fractura  $m_2 = 1$ , coeficiente de drenaje para pavimento rígido  $m_3 = 0.90$ , se determinó el valor de 3.80.

El coeficiente estructural para el refuerzo de concreto asfáltico ( $a_{01}$ ), para un módulo resiliente  $E_{ec} = 4500 \text{ psi}$  planteado por ser una avenida muy transitada, se determinó un valor de  $a_{01} = 0.44$  según el método AASHTO.

El espesor de refuerzo calculado a partir de todos los parámetros antes encontrados es de:  $D_{01} = 1.59$ , adoptando a 1.60 pulgadas.

- De los cálculos realizados para la determinación del espesor de pavimento rígido para los tramos críticos en la Avenida Todos los Santos de la ciudad de Chota, se obtuvo un espesor de 8.5 pulgadas, se homogenizara con el espesor del pavimento actual  $e = 8$  pulg para evitar mayores costos.

## 4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- De acuerdo a los formatos de evaluación podemos apreciar claramente que en las unidades de muestras del pavimento rígido compuesto por losas de concreto rígido, se presenta un tipo de falla con mayor incidencia como es la falla 29 (parcheo grande) esto debido a que el pavimento fue abierto para el mejoramiento del sistema de desagüe; seguido de otras fallas que también tienen gran importancia como son: grieta lineal, sello en junta, grieta lineal, punzonamiento, grieta en esquina, desconchamiento, losa dividida; tal como lo indica el manual de daños para la evaluación de la avenida mediante del PCI y VIZIR para concretos rígidos, los demás tipos de fallas que se presentan son mínimas pero no dejan de ser importantes para su mantenimiento futuro.

Existe un deterioro del pavimento rígido que corresponde al fisuramiento de la estructura del pavimento porque ya cumplió con su periodo de diseño.

El deterioro del pavimento en algunos tramos evaluados corresponde al aumento de cargas de los vehículos comerciales que superan las cargas de diseño. Este concepto se ha podido apreciar en la evaluación que hemos realizado, que es un factor que origina el deterioro de los pavimentos de concreto rígido el incremento de cargas vehiculares.

En general el valor del índice de condición del pavimento y el índice superficial (Is) promedio obtenido en los resultados de la evaluación y su nivel de servicio de esta vía, determina que se debe reconstruir desde la progresiva 0+160 hasta la progresiva 0+720 (área aprox. 8383.77 m<sup>2</sup>) y de la progresiva 0+ 000 hasta 0+160 (área aprox. = 1653.70 m<sup>2</sup>), de 0+720 hasta 0+960 (área aprox. 2670.20 m<sup>2</sup>) hacer una rehabilitación con emulsión asfáltica.

Para la determinación del espesor de pavimento rígido y diseño sobrecapas de refuerzo (flexible) tuvo una gran significación verificar el estado de los componentes del pavimento existente, para ello se realizó el estudio de suelos correspondiente, de los cuales los resultados determinaron que se encontraban con CBR de 6.5%, 6.8%, y 7.10%.

El cálculo del número de ESALs es un factor muy determinante para diseñar la estructura de un pavimento, por eso es que se tomó con gran cautela para determinar el tránsito futuro y a si el espesor de sobrecapa pueda cumplir con todas las cualidades a lo largo de su periodo de diseño.

Con todos los parámetros calculados según AASHTO, determinamos el espesor de refuerzo de sobrecapa para la rehabilitación en los tramos que se encuentran en regular estado, obteniendo como valor  $D_{ol} = 1.60$  pulgadas, así como también el espesor de losa de concreto rígido para los tramos en mal estado obteniendo como valor  $e = 8.00$  pulgadas.

### ***Contrastación de hipótesis.***

El estado del pavimento de concreto rígido en la avenida Todos los Santos de la ciudad de Chota es malo, dado que más del 60% se encuentra muy deteriorado y se contradice con la hipótesis planteada, que se consideró que el estado del pavimento de concreto rígido es regular, proponiendo una rehabilitación para la avenida con un espesor de 2 pulgadas. Esto nos indica que el pavimento presenta fallas de severidad alta, debido a que ya ha cumplido con su periodo de vida útil.

Por lo tanto la Hipótesis planteada no cumple.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Habiéndose evaluado el estado del pavimento de concreto rígido de acuerdo al PCI obtenido es igual a 35.05, por lo tanto es considerado malo por estar dentro del rango (25 - 40). En tanto al ser evaluado el estado del pavimento rígido según metodología VIZIR el Is promedio obtenido es igual a 5, por lo tanto es considerado muy malo por estar dentro del rango (5,6,7), esto debido a que la mayor parte de la Avenida en estudio se encuentra en muy mal estado.

El espesor de refuerzo de sobrecapas de refuerzo para la rehabilitación obtenido es de 1.60 pulgadas y el espesor de losa de concreto rígido para la reconstrucción es de 8 pulgadas.

De Estudio de Mecánica de Suelos se practicaron 03 calicatas obteniendo los siguientes resultados: Calicata N° 01 CBR = 6.5 %, calicata N° 02 CBR= 6.8%, Calicata N° 03 CBR = 7.10 %, además se hizo el estudio de cantera para mejoramiento de la subbase obteniendo un CBR = 40% al 95 % del MDS, obteniendo como resultado un módulo de elasticidad máximo  $E_{sb} = 1986.35 \text{ Kg/cm}^2$ .

Los parámetros de diseño aplicados para determinar el *espesor de las sobrecapas de refuerzo* son los siguientes:

Índice medio diario anual (IMDa)	vehí/día/año	472
ESALs		4' 799,997
Confiability (R)	%	90
Desviación estándar S0		0.49
Perdida de serviciabilidad		1.70
Módulo de resiliente efectivo del suelo de fundación MR	psi	10,200
Numero estructural efectivo para Transito futuro SNf	in	3.80
Espesor de losa fracturada (D2)	cm	20
Espesor de Subbase (D3)	cm	25
Coefficiente estructural para la losa fracturada (a2)		0.30
Coefficiente estructural de la subbase (a3)		0.078
Coefficiente de drenaje para losa fracturada (m2)		1.00

Coefficiente de drenaje para pavimentos rígidos (m3)	0.90
Número estructural efectivo del pavimento existente (SNef)	3.102
Coefficiente estructural para el refuerzo de concreto asfáltico (aol)	0.44

Los parámetros de diseño aplicados para determinar el espesor de *pavimento rígido* son los siguientes:

Índice medio diario anual (IMDa)	vehí/día/año	472
ESALs		7' 199,995
Confiabilidad (R)	%	90
Desviación estandar		0.39
Resistencia del concreto a compresión	Kg/cm2	300
Módulo de elasticidad Ec	psi	5x10 <sup>6</sup>
Módulo de rotura del concreto MR	psi	650
Módulo de reacción efectivo de la subrazante K	pci	130
Serviciabilidad inicial P0		4.50
Serviciabilidad final Pt		2.50
Perdida de serviciabilidad PSI		2.00
Coefficiente de drenaje		1.10
Coefficiente de transferencia de carga		2.70

### ***Propuesta según resultados obtenidos de la evaluación***

De acuerdo a los resultados obtenidos por los dos métodos tanto PCI como VIZIR nos arrojan resultados similares, indicando que la avenida se encuentra en mal estado es por tanto que se planteó realizar dos presupuestos, un presupuesto para la rehabilitación y otro presupuesto para la reconstrucción total del pavimento. Optando por la reconstrucción debido a que más del 60% de la Avenida se encuentra en mal estado, los presupuestos indican una mayor inversión para la reconstrucción de la vía (pavimento rígido) en la etapa inicial (verificar anexos), pero con proyección a futuro resulta más beneficioso por lo que no necesita de mucho mantenimiento, como lo es para el pavimento asfáltico.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Estos estudios de evaluación para determinar el estado actual de los pavimentos deben de realizarse una vez que se detectan fallas en el pavimento, para así dar su respectivo mantenimiento a fin de evitar costos adicionales innecesarios.

Para futuros estudios se debe tener muy en cuenta los factores ambientales, como intensidad de lluvia, temperatura y el estudio de tráfico.

Para determinar espesores de reconstrucción y recapeo, se deben tomar todas las medidas necesarias tales como el uso correcto de gráficos, tablas, ábacos, fórmulas, además de los factores ambientales, tráfico estudio de mecánica de suelos, entre otros, a fin de que todos los parámetros utilizados en el cálculo sean el más óptimo a fin de no encarecer la obra.

Se recomienda la reconstrucción de la avenida Todos los Santos debido a que más del 60% de su totalidad se encuentran en mal estado.

## Referencias bibliográficas

AASHTO, “Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos”, 1993.

Tóala, J.T. 2009. Tesis de grado académico de magister: Análisis superficial y mantenimiento del hormigón hidráulico de la carretera Chane - Canuto - Calceta - Junín - pueblo nuevo - Pimpinguasi. Universidad técnica de Manabí.

Arriaga, M.P.1998. Diagnóstico de las características superficiales de los pavimentos; Instituto Mexicano del Transporte, publicación técnica N° 111 Sanfandila, México.

Cedeño, R.V. 2012. Tesis de grado para optar el título de ingeniero civil: Diseño de hormigones reforzados con fibras metálicas para pavimentos; evaluación y comparación estructural con los hormigones utilizados en la carretera Rocafuerte-Tosagua de la provincia de Manabí. Universidad Laica Eloy Alfaro - Ecuador.

Instituto del Asfalto, “Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation”, Manual Series No 17 (Ms – 17), 1983.

Norma ASTM 5340-98 método de evaluación del PCI Traducción español - revisión 0 – septiembre 2004.

Manual de rehabilitación de pavimentos, publicado en la página web [www.carreros.org](http://www.carreros.org).

Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos, publicado en la página web [www.cedex.es](http://www.cedex.es).

Javier Llorach Vargas, “Manual de Diseño Estructural de Pavimentos”, 1992.

American Concrete Pavement Association (acpa), “Boletín Técnico – Pavement Rehabilitation Strategy Selection”.

Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTA) – BOGOTA D.C. – OCTUBRE 2006 .

Llosa, J. 2006. Proyecto profesional: Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, Universidad Peruana de ciencias aplicadas - Lima. 91

INVIAS, 1997. Instituto Nacional de Vías: Manual Para Diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Colombia -1997.

Disponible en: <https://es.slideshare.net/RibBrian/1500-diseo-de-recapicos-sshto>

Ing. Augusto García Calculo de recapeo método AASHTO 93

Disponible en:

[https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/1343/ICI\\_129.pdf?sequence=1](https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/1343/ICI_129.pdf?sequence=1).

Javier Paúl Morales Olivares, Piura 05 de Enero de 2005. Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo. 2005.

Disponible en:

(<http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/528141/1/Tesis+Arias++Sarmiento.pdf>).

SOTIL, Andrés (2012) Compilación de diapositivas del curso Diseño de pavimentos. Lima: UPC.

Disponible en: <http://dircaibea.org/sites/all/themes/dircaibea/images/vol12.pdf>

M5.2. Catálogo de deterioro de pavimentos rígidos (CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA) volumen N° 12 – 2002.

Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/747/1/vivianaceronbermudez.2006.pdf>

ING.VIVIANA G. CERON BERMUDEZ COD. 5305503. Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de la vía en pavimento flexible y rígido de la vía: museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindio (PR 0+000 – PR 02+600) – 2006.

Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/565>

VIVIANA LORENA HUILCAPI BALDEÓN y KARINA MARICELA PUCHA ROJAS “Análisis comparativo de los métodos de evaluación funcional de pavimentos flexibles en las vías García Moreno y Panamericana sur del Cantón Colta – Provincia de Chimborazo”. Riobamba – Ecuador – marzo 2015.

Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y drenaje (MTC).

National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), año 1994, No 204.