

**UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”  
DE HUÁNUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



---

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO  
RÍGIDO COMPARADO LOS MÉTODOS DE AASHTO 93 Y  
DEL PCA, PARA EL CONFORT DEL JIRÓN MALECÓN  
ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA  
1 AL 10 – HUÁNUCO – 2017”.**

---

**TESIS**  
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**TESISTA**  
**Bach. José Luis, SUAREZ GARGATE**

**ASESOR**  
*Ing. Jorge, ZEVALLOS HUARANGA*

**HUANUCO – PERÚ**  
**2018**

**“ANÁLISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO  
RÍGIDO COMPARADO LOS MÉTODOS DE AASHTO 93 Y  
DEL PCA, PARA EL CONFORT DEL JIRÓN MALECÓN  
ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA  
1 AL 10 – HUÁNUCO – 2017”.**



## **Dedicatoria**

La presente tesis se la dedico a mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.

A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza en todo lo necesario para a cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

A mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre.

A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A la universidad Nacional "Hermilio Valdizán" y a mi asesor que me apoyaron y aconsejaron para elaborar mi tesis.



## RESUMEN

El trabajo de investigación denominado "Análisis del diseño estructural del pavimento rígido, comparando los métodos de AASHTO 93 y del PCA, para el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10", tuvo como objetivo; Determinar el diseño apropiado de la estructura del pavimento rígido, para mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10.

Se aplicó el PCI (Índice de condición del pavimento), para garantizar que la estructura del pavimento ha fallado, luego analizar los diseños del pavimento de acuerdo a cada metodología del AASHTO 93 y PCA, en el Jr. Malecón Alomia Robles del distrito de Huánuco para mejorar el confort de la vía.

La investigación es aplicada con un enfoque mixto, tipo y nivel descriptivo, diseño no experimental. La población del estudio fue de 10 unidades muestrales, las cuales fueron recolectadas de la vía del Jr. Malecón Alomia Robles. Se procedió a analizar el 100% de la pista que cuenta con 1110 m de longitud, encontrándose 661 losas de fallas del pavimento rígido a lo largo de la pista.

Se hace un análisis comparativo de los resultados obtenidos en las diferentes metodologías de diseño para estructuras de pavimento rígido, estos diseños se ejecutaron a partir de especificaciones y criterios de diseño que fueron iguales para todas las metodologías, esto con el fin de establecer las diferencias entre los espesores obtenidos del diseño. Por fines prácticos se tomaron para el diseño de la estructura de pavimento rígido dos metodologías el AASHTO 93 y el PCA.

**Palabras claves:** PCI (índice de condición de pavimento), pavimento rígido, AASHTO 93, PCA.



---

## SUMMARY

The research work entitled "Analysis of the structural design of the rigid pavement, comparing the methods of AASHTO 93 and PCA, for the comfort of the Malecón Alomia Robles shuffle from block 1 to 10", aimed at; Determine the appropriate design of the rigid pavement structure, to improve the comfort of the Malecón Alomia Robles shuffle from block 1 to 10.

The pavement condition index (PCI) was applied to ensure that the pavement structure failed, then to analyze the pavement designs according to each AASHTO 93 and PCA methodology, at the Jn Malecon Alomia Robles of the district of Huánuco To improve the comfort of the road.

The research is applied with a mixed approach, type and descriptive level, non-experimental design. The population of the study was of 10 sample units, which were collected from the path of Journey Journey Alomia Robles. We proceeded to analyze 100% of the runway with 1110 m in length, with 661 slabs of rigid pavement fault along the runway.

A comparative analysis of the results obtained in the different design methodologies for rigid pavement structures was made, these designs were executed from specifications and design criteria that were the same for all the methodologies, in order to establish the differences between The thicknesses obtained from the design. For practical purposes, the AASHTO 93 and PCA were used for the design of the rigid pavement structure two methodologies.

**Key words:** PCI (pavement condition index), rigid pavement, AASHTO 93, PCA.



## ÍNDICE

<u>RESUMEN</u> .....	II
<u>SUMMARY</u> .....	III
<u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
<u>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u> .....	2
<u>1.1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA:</u> .....	3
<u>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:</u> .....	3
<u>1.2.1. Problema general:</u> .....	3
<u>1.2.2. Problemas específicos:</u> .....	4
<u>1.3. OBJETIVOS:</u> .....	4
<u>1.3.1. Objetivo general:</u> .....	4
<u>1.3.2. Objetivos específicos:</u> .....	4
<u>1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA:</u> .....	5
<u>1.5. LIMITACIONES:</u> .....	5
<u>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</u> .....	6
<u>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:</u> .....	7
<u>2.2. BASES TEÓRICAS:</u> .....	9
<u>2.2.1. ASTM D6433: Método de evaluación normalizado para la obtención del índice de condición de pavimentos</u> .....	9
<u>2.2.2. Metodología de Pavimento Rígido AASHTO 93</u> .....	41
<u>2.2.2.1. Tipos de pavimento de concreto</u> .....	43
<u>2.2.2.2. Juntas:</u> .....	46
<u>2.2.2.3. Sellos</u> .....	49
<u>2.2.2.4. Factores de diseño:</u> .....	52
<u>2.2.2.5. Variables de diseño:</u> .....	54
<u>2.2.2.6. Criterios de comportamiento:</u> .....	58
<u>2.2.2.7. Propiedades de los materiales:</u> .....	60
<u>2.2.2.8. Características estructurales:</u> .....	62
<u>2.2.3. La metodología del Portland Cement Association (PCA)</u> .....	67
<u>2.2.3.1. Resistencia del Hormigón a la Flexión</u> .....	68
<u>2.2.3.2. Soporte de la Subrasante y Subbase:</u> .....	70



<u>2.2.3.3.</u>	<u>Periodo de Diseño:</u> .....	72
<u>2.2.3.4.</u>	<u>Tráfico:</u> .....	73
<u>2.2.3.5.</u>	<u>Proyección:</u> .....	74
<u>2.2.3.6.</u>	<u>Capacidad:</u> .....	76
<u>2.2.3.7.</u>	<u>Distribución Direccional de Camiones:</u> .....	80
<u>2.2.3.8.</u>	<u>Distribución de Cargas por Eje:</u> .....	80
<u>2.2.3.9.</u>	<u>Factores de Seguridad de Carga</u> .....	81
<u>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO</u> .....		84
<u>3.1.</u>	<u>HIPÓTESIS:</u> .....	85
<u>3.2.</u>	<u>TIPO Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN:</u> .....	85
<u>3.3.</u>	<u>NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN:</u> .....	86
<u>3.4.</u>	<u>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</u> .....	86
<u>3.5.</u>	<u>SISTEMA DE VARIABLES:</u> .....	86
<u>3.6.</u>	<u>OPERACIÓN DE VARIABLES</u> .....	87
<u>3.7.</u>	<u>FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:</u> ... 87	
<u>3.8.</u>	<u>PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS:</u> .....	88
<u>CAPITULO IV: ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS DE DISEÑO EN EL JR</u>		
	<u>MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	89
<u>4.1</u>	<u>ESTUDIOS BÁSICOS:</u> .....	90
<u>4.2</u>	<u>TIPOS DE FALLA DEL PAVIMENTO</u> .....	91
<u>4.3</u>	<u>RESULTADOS OBTENIDOS POR NÚMERO DE FALLAS SEGÚN TIPO</u> .....	103
<u>4.4</u>	<u>ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN SEGÚN EL ASTM D6433 Y EL MTC.</u> .....	112
<u>4.5</u>	<u>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO DEL</u> <u>AASHTO 93</u> .....	112
<u>4.6</u>	<u>ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO DEL</u> <u>PCA</u> .....	119
<u>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u> .....		126
<u>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</u> .....		129
<u>ANEXO I: ENSAYO DE LABORATORIO</u> .....		131
<u>ANEXO II: PANEL FOTOGRAFICO</u> .....		140



## ÍNDICE DE CUADROS

<u>CUADRO N° 1: RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI</u> .....	10
<u>CUADRO N° 2: FORMATO DE PCI DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO</u> .....	11
<u>CUADRO N° 3. FORMATO PARA LA OBTENCIÓN DEL MÁXIMO VALOR DEDUCIDO</u> <u>CORREGIDO</u> .....	16
<u>CUADRO N° 4: NIVELES DE SEVERIDAD PARA LOSA DIVIDIDA</u> .....	17
<u>CUADRO N° 5: NIVELES DE SEVERIDAD PARA ESCALA</u> .....	19
<u>CUADRO N° 6: NIVELES DE SEVERIDAD PARA PUNZONAMIENTO</u> .....	28
<u>CUADRO N° 7: NIVELES DE SEVERIDAD PARA DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA</u> .....	32
<u>CUADRO N° 8: NIVELES DE SEVERIDAD DESCASCARAMIENTO DE JUNTAS</u> .....	34
<u>CUADRO N° 9: PERIODO DE ANÁLISIS</u> .....	55
<u>CUADRO N° 10: VALORES PARA LA DESVIACIÓN STANDAR</u> .....	57
<u>CUADRO N° 11: NIVELES DE CONFIABILIDAD</u> .....	58
<u>CUADRO N° 12: ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL</u> .....	60
<u>CUADRO N° 13: VALORES RECOMENDADOS DEL COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)</u> <u>PARA EL DISEÑO</u> .....	63
<u>CUADRO N° 14: COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J)</u> .....	66
<u>CUADRO N° 15: VALORES DE LS</u> .....	67
<u>CUADRO N° 16: EFECTO DE LA SUBBASE NO TRATADA SOBRE LOS VALORES K</u> .....	70
<u>CUADRO N° 17: VALORES K DE DISEÑO PARA SUBBASES TRATADAS CON CEMENTO</u> ..	70
<u>CUADRO N° 18: TASAS ANUALES DE CRECIMIENTO DE TRÁFICO Y FACTORES DE</u> <u>PROYECCIÓN CORRESPONDIENTE</u> .....	76
<u>CUADRO N° 19: PORCENTAJES DE UNIDADES SIMPLES DE CUATRO RUEDAS Y</u> <u>CAMIONES (ADTT) EN VARIOS SISTEMAS DE CARRETERA</u> .....	79
<u>CUADRO N° 20: DATOS DE CARGA POR EJE</u> .....	81
<u>CUADRO N° 21: OPERACIÓN DE VARIABLES</u> .....	87
<u>CUADRO N° 22. ESTUDIO DE TRÁFICO, IMD</u> .....	91
<u>CUADRO N° 23. N° DE FALLAS DE PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN SU TIPO</u> .....	92
<u>CUADRO N° 24. FORMATO DE HOJA DE INSPECCIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO</u> .....	93
<u>CUADRO N° 25: FORMATO DE CORRECCIÓN DE DATOS DE CDV</u> .....	94



<u>CUADRO N° 26. RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS</u> .....	96
<u>CUADRO N° 27. HOJA DE INSPECCIÓN DE LA UM - 4</u> .....	97
<u>CUADRO N° 28. CÁLCULO DEL PCI, UM - 4</u> .....	98
<u>CUADRO N° 29. HOJA DE CÁLCULOS CORREGIDOS DE CDV, UM – 4.</u> .....	99
<u>CUADRO N° 30. HOJA DE INSPECCIÓN DE LA UM - 8</u> .....	100
<u>CUADRO N° 31. CÁLCULO DEL PCI, UM – 8</u> .....	101
<u>CUADRO N° 32. HOJA DE CÁLCULOS CORREGIDOS DE CDV, UM – 8.</u> .....	102
<u>CUADRO N° 33. RESUMEN DE FALLAS ENCONTRADAS EN LA PISTA DEL JR. MALECÓN ALOMIA ROBLES.</u> .....	103
<u>CUADRO N° 34. RESUMEN DE LOS TIPOS DE FALLA DE ACUERDO A SU SEVERIDAD</u> ..	108
<u>CUADRO N° 35. RESUMEN DE LAS FALLAS DE ACUERDO A LA UNIDAD DE MUESTRA</u> .	112
<u>CUADRO N° 36: VALORES RECOMENDADOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO SEGÚN RANGO DE TRÁFICO.</u> .....	112
<u>CUADRO N° 37: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO, SEGÚN AASHTO 93</u> .....	117
<u>CUADRO N° 38: DISEÑO POR MÉTODO AASHTO 93.</u> .....	119
<u>CUADRO N° 39: VALORES DE K, PARA SUBBASE NO TRATADAS.</u> .....	119
<u>CUADRO N° 40: ESFUERZO EQUIVALENTE (EJE SIMPLE / EJE TÁNDEM).</u> .....	121
<u>CUADRO N° 41: FACTOR DE EROSIÓN – JUNTAS CON DOWELS (EJE SIMPLE / EJE TÁNDEM)</u> .....	122
<u>CUADRO N° 42: CÁLCULO DE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CON EL MÉTODO DEL PCA</u> .....	123
<u>CUADRO N° 43: DISEÑO POR MÉTODO AASHTO 93.</u> .....	125



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<u>GRÁFICO N° 1: ABACO LOSA DIVIDIDA</u> .....	36
<u>GRÁFICO N° 2: ABACO DE ESCALA</u> .....	37
<u>GRÁFICO N° 3: ABACO DE GRIETA LINEAL</u> .....	37
<u>GRÁFICO N° 4: ABACO DE PARCHE GRANDE</u> .....	38
<u>GRÁFICO N° 5: ABACO DE PARCHE PEQUEÑO</u> .....	38
<u>GRÁFICO N° 6: ABACO DE PUNZONAMIENTO</u> .....	39
<u>GRÁFICO N° 7: ABACO DESCONCHAMIENTO</u> .....	39
<u>GRÁFICO N° 8: ABACO DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA</u> .....	40
<u>GRÁFICO N° 9: ABACO DESCASCARAMIENTO DE JUNTA</u> .....	40
<u>GRÁFICO N° 10: ABACO DE CORRECCIÓN DE VALORES DEDUCIDOS</u> .....	41
<u>GRÁFICO N° 11: ANÁLISIS DE LA CURVA DE FALLA DE PIEL DE COCODRILO</u> .....	98
<u>GRÁFICO N° 12. ABACO DE CORRECCIÓN DE CDV, UM – 4</u> .....	99
<u>GRÁFICO N° 13. ANÁLISIS DE LA CURVA DE FALLA DE AHUELLAMIENTO</u> .....	101
<u>GRÁFICO N° 14: ABACO DE CORRECCIÓN DE CDV, UM – 8</u> .....	102
<u>GRÁFICO N° 15. ANÁLISIS DE LA FALLA DE PIEL DE COCODRILO EN TODA LA CALLE</u> <u>DE JR. MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	104
<u>GRÁFICO N° 16. ANÁLISIS DE LA FALLA DE AGRIETAMIENTO EN BLOQUE EN TODA</u> <u>LA CALLE DE JR. MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	104
<u>GRÁFICO N° 17. ANÁLISIS DE LA FALLA DE DEPRESIÓN EN TODA LA CALLE DE JR.</u> <u>MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	105
<u>GRÁFICO N° 18. ANÁLISIS DE LA FALLA DE GRIETA DE BORDE EN TODA LA CALLE DE</u> <u>JR. MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	105
<u>GRÁFICO N° 19. ANÁLISIS DE LA FALLA DE GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL</u> <u>EN TODA LA CALLE DE JR. MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	106
<u>GRÁFICO N° 20. ANÁLISIS DE LA FALLA DE PARCHEO EN TODA LA CALLE DE JR.</u> <u>MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	106
<u>GRÁFICO N° 21. ANÁLISIS DE LA FALLA DE HUECOS EN TODA LA CALLE DE JR.</u> <u>MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	107
<u>GRÁFICO N° 22. ANÁLISIS DE LA FALLA DE AHUELLAMIENTO EN TODA LA CALLE DE</u> <u>JR. MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	107
<u>GRÁFICO N° 23. ANÁLISIS DE LA FALLA DE DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS EN</u> <u>TODA LA CALLE DE JR. MALECÓN ALOMIA ROBLES</u> .....	108



---

<u>GRÁFICO N° 24. ANÁLISIS DE LA SEVERIDAD BAJA, CON LOS TIPOS DE FALLA</u> .....	109
<u>GRÁFICO N° 25. ANÁLISIS DE LA SEVERIDAD MEDIA, CON LOS TIPOS DE FALLA.</u> .....	110
<u>GRÁFICO N° 26. ANÁLISIS DE LA SEVERIDAD ALTA, CON LOS TIPOS DE FALLA.</u> .....	110
<u>GRÁFICO N° 27. ANÁLISIS DE LA CON LOS TIPOS DE FALLA MÁS REPRESENTATIVOS.</u>	111
<u>GRÁFICO N° 28: VARIACIÓN DE COEFICIENTE DE CAPA DE SUB BASE GRANULAR</u> .....	113
<u>GRÁFICO N° 29: GRADO DE CONFIABILIDAD DEL DISEÑO</u> .....	114
<u>GRÁFICO N° 30: VALORES DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)</u> .....	114
<u>GRÁFICO N° 31: CORRELACIÓN DE CBR Y MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUB</u> <u>RASANTE.</u> .....	115
<u>GRÁFICO N° 32: VALORES DE CALIDAD DE DRENAJE PARA EL DISEÑO</u> .....	116
<u>GRÁFICO N° 33: CORRELACIÓN DE CBR Y MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUB</u> <u>RASANTE.</u> .....	119
<u>GRÁFICO N° 34: PROPORCIÓN DE CAMIONES EN EL CARRIL DERECHO</u> .....	120
<u>GRÁFICO N° 35: ANÁLISIS POR FATIGA</u> .....	124
<u>GRÁFICO N° 36: ANÁLISIS POR EROSIÓN</u> .....	125



## ÍNDICE DE FIGURA

<u>FIGURA N° 1: LOSA DIVIDIDA DE BAJA SEVERIDAD</u> .....	18
<u>FIGURA N° 2: LOSA DIVIDIDA DE SEVERIDAD MEDIA</u> .....	18
<u>FIGURA N° 3: LOSA DIVIDIDA DE ALTA SEVERIDAD</u> .....	18
<u>FIGURA N° 4: ESCALA DE BAJA SEVERIDAD</u> .....	20
<u>FIGURA N° 5: ESCALA DE SEVERIDAD MEDIA</u> .....	20
<u>FIGURA N° 6: ESCALA DE ALTA SEVERIDAD</u> .....	20
<u>FIGURA N° 7: GRIETAS LINEALES DE BAJA SEVERIDAD EN LOSA DE CONCRETO</u> <u>SIMPLE</u> .....	23
<u>FIGURA N° 8: GRIETAS LINEALES DE SEVERIDAD MEDIA EN LOSA DE CONCRETO</u> <u>REFORZADO</u> .....	23
<u>FIGURA N° 9: GRIETAS LINEALES DE ALTA SEVERIDAD EN LOSA DE CONCRETO</u> <u>SIMPLE</u> .....	24
<u>FIGURA N° 10: PARCHE GRANDE DE BAJA SEVERIDAD</u> .....	25
<u>FIGURA N° 11: PARCHE GRANDE DE SEVERIDAD MEDIA</u> .....	25
<u>FIGURA N° 12: PARCHE GRANDE DE ALTA SEVERIDAD</u> .....	26
<u>FIGURA N° 13: PARCHE PEQUEÑO DE BAJA SEVERIDAD</u> .....	27
<u>FIGURA N° 14: PARCHE PEQUEÑO DE SEVERIDAD MEDIA</u> .....	27
<u>FIGURA N° 15: PARCHE PEQUEÑO DE ALTA SEVERIDAD</u> .....	27
<u>FIGURA N° 16: PUNZONAMIENTO DE BAJA SEVERIDAD</u> .....	29
<u>FIGURA N° 17: PUNZONAMIENTO DE ALTA SEVERIDAD</u> .....	29
<u>FIGURA N° 18: PUNZONAMIENTO DE ALTA SEVERIDAD</u> .....	29
<u>FIGURA N° 19: DESCONCHAMIENTO DE BAJA SEVERIDAD</u> .....	31
<u>FIGURA N° 20: DESCONCHAMIENTO DE SEVERIDAD MEDIA</u> .....	31
<u>FIGURA N° 21: DESCONCHAMIENTO DE ALTA SEVERIDAD</u> .....	32
<u>FIGURA N° 22: DESCASCARAMIENTO DE BAJA SEVERIDAD</u> .....	33
<u>FIGURA N° 23: DESCASCARAMIENTO DE SEVERIDAD MEDIA</u> .....	33
<u>FIGURA N° 24: DESCASCARAMIENTO DE ALTA SEVERIDAD</u> .....	34
<u>FIGURA N° 25: DESCASCARAMIENTO DE JUNTA DE BAJA SEVERIDAD</u> .....	35
<u>FIGURA N° 26: DESCASCARAMIENTO DE JUNTA DE SEVERIDAD MEDIA</u> .....	35
<u>FIGURA N° 27: DESCASCARAMIENTO DE JUNTA DE ALTA SEVERIDAD</u> .....	36



<a href="#"><u>FIGURA N° 28: ESQUEMA DEL COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS</u></a> .....	42
<a href="#"><u>FIGURA N° 29: PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLE SIN PASADORES</u></a> .....	44
<a href="#"><u>FIGURA N° 30: PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLE CON PASADORES</u></a> .....	45
<a href="#"><u>FIGURA N° 31: PAVIMENTO DE CONCRETO REFORZADO</u></a> .....	46
<a href="#"><u>FIGURA N° 32: PAVIMENTO CON REFUERZO CONTINUO</u></a> .....	46
<a href="#"><u>FIGURA N° 33: TIPOS DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN</u></a> .....	48
<a href="#"><u>FIGURA N° 34: TIPOS DE JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN</u></a> .....	48
<a href="#"><u>FIGURA N° 35: TIPOS DE JUNTAS DE EXPANSIÓN</u></a> .....	49
<a href="#"><u>FIGURA N° 36: TIPOS DE SELLADORES</u></a> .....	52
<a href="#"><u>FIGURA N° 37: TRANSFERENCIA DE CARGA</u></a> .....	65
<a href="#"><u>FIGURA N° 38: RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA LA FLEXIÓN Y LA EDAD DE DISEÑO</u></a> .	69
<a href="#"><u>FIGURA N° 39: PROPORCIONES DE CAMIONES EN EL CARRIL DERECHO DE UNA</u></a> <a href="#"><u>CARRETERA DIVIDIDA EN CARRILES MÚLTIPLES</u></a> .....	79
<a href="#"><u>FIGURA N° 40. UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</u></a> .....	90
<a href="#"><u>FIGURA N° 41: PROGRAMA PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO SEGÚN AASHTO</u></a> <a href="#"><u>93</u></a> .....	118



## INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más serios que se vive en las calles de la zona urbana de la ciudad de Huánuco, es el pésimo estado en que se encuentran los pavimentos urbanos por falta de mantenimiento; recorriendo por las principales vías del distrito y haciendo una inspección visual se daría cuenta que existen diversos tipos de fallas como piel de cocodrilo, fisuras longitudinales, transversales, parcheo, huecos, desprendimiento, ahuellamiento, etc.

La importancia principal es mejorar el confort y mejorar su calidad de vida a la población del distrito, para lograr mejorar la transitabilidad se plantea el objetivo de Determinar el diseño apropiado de la estructura del pavimento rígido, para mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10. En el desarrollo se aplicó el método del PCI, AASHTO 93 y PCA, con el método de inspección visual y midiendo la severidad de los tipos de fallas encontradas para el PCI, para el análisis de la estructura del pavimento rígido se utilizaron las metodologías del AASHTO 93 y PCA. Con la información de campo obtenida durante la auscultación vial, y siguiendo la metodología indicada en el PCI, 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, para poder realizar un buen diseño del pavimento a medida de las fallas funcionales encontradas en la vía.

Para el desarrollo de la tesis se plantearon los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se titula planteamiento del problema, los objetivos, la justificación.

Capítulo II: Es el marco teórico, la teoría que respalda la investigación, el método del PCI. AASHTO 93 y PCA.

Capítulo III: La metodología a emplear, el enfoque del desarrollo de la tesis, variables, hipótesis.

Capítulo IV: La aplicación de la pista del Jr. Malecón Alomia Robles y los resultados del análisis de la pista.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.

**CAPITULO I**  
**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**



## 2.1. Fundamentación del problema:

En el distrito de Huánuco el 70% de los pavimentos de la zona urbana del distrito se encuentran en mal estado y un 30% se encuentran en manteniendo o en un estado regular. Los pavimentos asfáltico y rígidos se encuentran en mal estados, se encuentra en proceso de colapso estructural a causas asociadas a su uso, lluvias, tráfico pesado, diseño y proceso constructivo llegando a afectar a la población que se traslada entre el mismo distrito de Huánuco, por motivos de comodidad seguridad y funcionalidad, siendo estas fallas presentes en toda la vía y observadas a simple vista en la carpeta asfáltica o rígida, como son Piel de cocodrilo, Exudación, Fisuras en bloque, Fisuras longitudinales, Desprendimientos y peladuras, Ahuellamiento, Fisuras Transversales.

En la el distrito de Huánuco se optó la pista más desfavorable, con la mayor cantidad de fallas ya mencionadas, que es la pista de jr. Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10, donde el pavimento rígido presenta una serie de fallas cuya prevención y/o corrección no es abordada por operaciones de mantenimiento, lo cual el pavimento se encuentra en mal estado, inadecuado para la transitabilidad de vehículos y el confort de los usuarios.

## 2.2. Formulación del problema.

### 2.2.1. Problema general:

¿Cuál es el diseño apropiado de la estructura del pavimento rígido, que influye en la mejora del confort en el jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10?



### 2.2.2. Problemas específicos:

- ¿En qué medida el índice de condición del pavimento rígido mediante el método del PCI, influye en la mejora del confort en el jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10?
- ¿En qué medida la estructura del pavimento rígido mediante el método del AASHTO 93, influye en la mejora del confort en el jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10?
- ¿En qué medida la estructura del pavimento rígido mediante el método del PCA, influye en la mejora del confort en el jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10?

### 2.3. Objetivos.

#### 2.3.1. Objetivo general:

Determinar el diseño apropiado de la estructura del pavimento rígido, para mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10.

#### 2.3.2. Objetivos específicos:

- Determinar el índice de condición del pavimento rígido mediante el método del PCI, para mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10.
- Determinar la estructura del pavimento rígido mediante el método del AASHTO 93, para mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10.
- Determinar la estructura del pavimento rígido mediante el método del PCA, para mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10.



#### 2.4. Justificación e importancia:

La presente investigación se justifica en la necesidad de tener una mejor transitabilidad de vehículos en la pista del jr. Malecón Alomia Robles del distrito de Huánuco, esto se da con el diagnóstico de fallas donde se utilizara el método del PCI (Índice de Condición de Pavimentos), los resultados obtenidos de dicho estudio como son el nivel de daño del pavimento, su severidad y cantidad de fallas del pavimento. Ya que estos resultados constan con una gran cantidad de fallas y deterioros que se presentan en el estudio de este pavimento, el tipo de intervención debe de solucionar esta dificultad del tipo y grado de falla del pavimento, para mejorar su transitabilidad de los vehículos.

Dichos resultados nos ayudara a poder diseñar una estructura de pavimentos rígidos utilizando el método AASHTO 93 y el PCA para poder mejorar el diseño y darle mejor confort a los usuarios, y así evitar los diferentes fallas en especial la falla por infra diseño.

#### 2.5. Limitaciones:

- La investigación se desarrollara solo en pavimentos rígidos en la zona urbana del distrito de Huánuco aplicando el reglamento por la Norma Técnica de Edificaciones (NTE) CE.010 Pavimentos Urbanos del 2010.
- Solo se va usar los dos métodos de diseño el AASHTO 93 y el PCA para proponer una nueva estructura del pavimento rígido

**CAPITULO II**  
**MARCO TEÓRICO**



### 3.1. Antecedentes de la investigación:

**Ávila Redrovan, E & Albarracin Llivisaca, F. (2014)**, publica una Tesis de Investigación en el Grado de Especialización en Ingeniería de Pavimentos, que tuvo como objetivo general analizar la factibilidad y eficiencia de la técnica de la deflectometría de impacto para evaluar la capacidad portante de la estructura del pavimento a través de técnicas de análisis inverso y modelos basados en elementos finitos. Donde con su investigación concluye que con los resultados obtenidos de la evaluación estructural de la vía dan una idea general de la condición actual. Con lo que se puede concluir que actualmente la vía presenta condiciones aceptables ya que a través de la deflectometría de impacto, aplicando técnicas de análisis inverso como la de YONAPAVE se ha comparado la capacidad estructural efectiva del pavimento existente con la capacidad estructural que depende del tráfico presente en la vía. Sin embargo, mediante la determinación del PCI se establece la necesidad de realizar mantenimientos rutinarios.

**Meléndez Martínez, A. (2014)**, publica una Tesis de Investigación en el Grado de Título Profesional de Ingeniería Civil, que tuvo como objetivo general identificar y establecer las causas del deterioro en el pavimento del caso de estudio (Avenida San Antonio o calle 183), determinando las patologías a nivel técnico que afectan y sus consecuencias. Donde con su investigación concluye que se logró evidenciar y confirmar a través del PCI que en este momento por la vía, la calidad y confort que debe recibir el conductor al transitarla no es la adecuada para una vía perteneciente a la Malla Vial Arterial de la ciudad, debido a los años que actualmente se encuentra y que se describieron en el informe, añadiendo que al pasar del tiempo estos daños pueden incrementar su nivel de severidad causando mayores molestias en los usuarios.



**Camposano Olivera, J & García Cárdenas, K. (2012)**, para el desarrollo de su tesis plantea como objetivo general: Identificar en qué estado situacional se encuentra la vía Ingreso a la Ciudad de Chupaca Av. Argentina – Av. 24 de Junio por el método PCI (índice de condición de pavimentos) haciendo un diagnóstico definitivo. Donde con su investigación concluye: Que las fallas localizadas en el diagnóstico de la vía fueron: Piel de Cocodrilo, Agrietamiento en bloque, Abultamiento y hundimiento, corrugación, grieta de borde, grieta longitudinal y transversal, parcheo, pulimiento de agregado, huecos, ahuellamientos, y desprendimientos de agregados.

**Carrera Uquilla, M. (2011)**, publica una Tesis de Investigación en el Grado de Maestría en Construcción de Obras Civiles, que tuvo como objetivo evaluar la condición del pavimento en el tramo de carretera Portoviejo – Mejía hasta el redondel de Picoaza, siguiendo el procedimiento del PCI, con la finalidad de proponer las medidas correctivas necesarias, que cumplan con una adecuada relación costo – efectividad en medio plazo. Donde con su investigación concluye que la vía ya presenta un estado de deterioro que hacen surgir medidas de conservación, para cuyo fin se ha efectuado una evaluación de toda la superficie, que es de 26000 m<sup>2</sup> (8 m de ancho de calzada por 3325 m de longitud) empleando el método del PCI, el que complementado con otra información existente, permite finalmente evaluar alternativas de mejoras para esta carretera.

**Nauñay Pérez, W. (2011)**, publica una Tesis de Investigación en el Grado de Maestría en Vías Terrestres, que tuvo como objetivo Determinar la evaluación y mantenimiento para la rehabilitación de la capa de rodadura de la vía Pelileo – Baños. Donde con su



investigación concluye que De los resultados obtenidos de la evaluación de la condición de pavimento existente, además de la información complementaria de campo, se establece que en general no existe suficiente vida estructural remanente del pavimento a lo largo de la vía.

### **3.2. Bases teóricas:**

#### **2.2.1. ASTM D6433: Método de evaluación normalizado para la obtención del índice de condición de pavimentos**

##### **Introducción:**

El PCI, es la metodología más completa para una buena evaluación y calificación de un pavimento, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema.

##### **Índice de condición del pavimento (PCI – Pavement Condition Index):**

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los "valores deducidos", como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el Cuadro N°1 se presentan los



rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Cuadro N° 1: Rangos de calificación del PCI.

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: ASTM D6433.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

#### **Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento:**

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. En el cuadro N° 2 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

#### **Unidades de Muestreo:**

Se divide la vía en secciones o "unidades de muestreo", cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:



Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Portland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $20 \pm 8$  losas.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

Cuadro N° 2: Formato de PCI de pavimento de concreto hidráulico

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO	
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		NÚMERO DE LOSAS	
INSPECCIONADA POR			FECHA		
No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Grieta de esquina.	28	Grieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losas divididas.	29	Parqueo (grande).	36	Desconchamiento
24	Grieta de durabilidad "D".	30	Parqueo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					10
					o o o o o
					9
					o o o o o
					8
					o o o o o
					...
					o o o o o
					1 2 3 4

Fuente: ASTM D6433

### Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

En la "Evaluación De Una Red" vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la "Evaluación de un Proyecto" se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de



unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Donde:

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%)

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco (n < 5), todas las unidades deberán evaluarse.

**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 (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

- a. El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 2:



$$i = \frac{N}{n} \dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 2$$

Donde:

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, 3.7 se redondea a 3)

*b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i.*

Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo ( $i$ ) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

### **Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:**

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, "cruce de línea férrea") 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.

### **Evaluación de la Condición:**

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

#### *a. Equipo.*

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

#### *b. Procedimiento*

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u "hoja de información de exploración de la condición" para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.



### *c. El equipo de inspección*

Deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

### **Cálculo del PCI de las unidades de muestreo:**

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los "Valores Deducidos" de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

### **Cálculo para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Pórtland:**

#### *Etapas 1. Cálculo de los Valores Deducidos.*

1. a. Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02.

1. b. Divida el número de LOSAS contabilizado en 1.a. entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como 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 de "Valor Deducido de Daño" apropiada entre las que se adjuntan a este documento.

#### *Etapas 2. Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos (m)*

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, como se describió anteriormente.

#### *Etapas 3. Cálculo del "Máximo Valor Deducido Corregido", CDV.*



Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, pero usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto.

*Etapa 4. Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.*

En el cuadro N°4 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del "Máximo Valor Deducido Corregido", CDV.

Cuadro N° 3. Formato para la obtención del máximo valor deducido corregido.

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Fuente: ASTM D6433.

### **Cálculo del PCI de una sección de pavimento:**

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \quad \text{.....Ecuación N° 3}$$

Donde:



PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

### 2.2.1.1 Manual de daños en carreteras superficial en pavimento rígido:

#### a. Losa dividida.

Descripción: 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.

Niveles de severidad

En el Cuadro N°4, se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

Cuadro N° 4: Niveles de severidad para losa dividida

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 ó más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Fuente: ASTM D6433

Medida:

Si la losa dividida es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm.

M: Reemplazo de la losa.

H: Reemplazo de la losa.

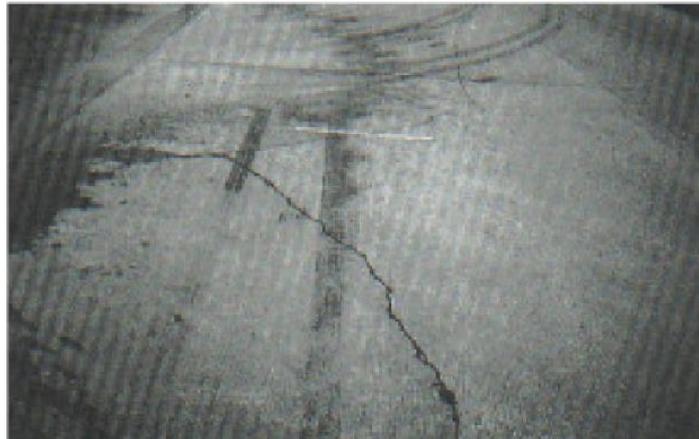


Figura N° 1: Losa dividida de baja severidad

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 2: Losa dividida de severidad media.

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 3: Losa dividida de alta severidad

Fuente: ASTM D6433



## b. Escala.

Descripción: 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 Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5: Niveles de severidad para escala

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
L	3 a 10 mm
M	10 a 19 mm
H	Mayor que 19 mm

### Medida:

La escala a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas.

Las escalas a través de una grieta no se cuentan como daño pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

### Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado.

H: Fresado.



Figura N° 4: Escala de baja severidad

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 5: Escala de severidad media

Fuente: ASTM D6433

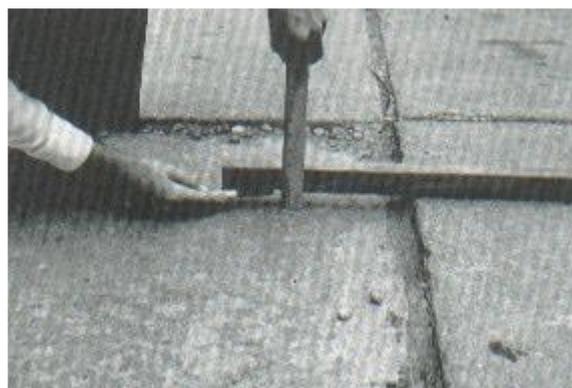


Figura N° 6: Escala de alta severidad

Fuente: ASTM D6433



### c. Grietas lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales).

Descripción: 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

L: 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.

M: 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.

H: 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:



L: 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.

M: 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.

H: 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.

Medida:

Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad.

Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como losas divididas. Las losas de longitud mayor que 9.10 m se dividen en "losas" de aproximadamente igual longitud y que tienen juntas imaginarias, las cuales se asumen están en perfecta condición.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.



Figura N° 7: Grietas lineales de baja severidad en losa de concreto simple

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 8: Grietas lineales de severidad media en losa de concreto reforzado

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 9: Grietas lineales de alta severidad en losa de concreto simple

Fuente: ASTM D6433

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

Descripción: 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:

L: El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

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

H: El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.

Medida:

Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una

losa con el mayor nivel de severidad. Si la causa del parche es más severa, únicamente el daño original se cuenta.

Opciones para Reparación:

L: No se hace nada.

M: Sellado de grietas. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.



Figura N° 10: Parche grande de baja severidad

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 11: Parche grande de severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 12: Parche grande de alta severidad

Fuente: ASTM D6433

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

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

Niveles de Severidad:

L: 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.

H: El parche está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.

Medida:

Si una losa presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se registra como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se registra como una losa con el mayor nivel de daño. Si la causa del parche es más severa, únicamente se contabiliza el daño original.

Opciones para Reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.



Figura N° 13: Parche pequeño de baja severidad

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 14: Parche pequeño de severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 15: Parche pequeño de alta severidad

Fuente: ASTM D6433



## f. Punzonamiento.

Descripción: 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:

Cuadro N° 6: Niveles de severidad para punzonamiento

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Fuente: ASTM D6433

Medida:

Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sellado de grietas.

M: Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

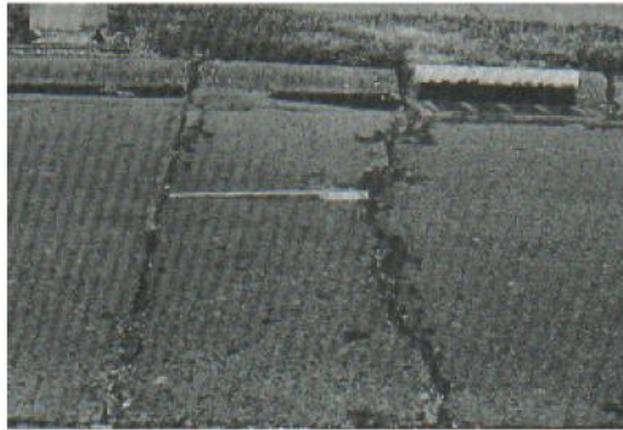


Figura N° 16: Punzonamiento de baja severidad

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 17: Punzonamiento de alta severidad

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 18: Punzonamiento de alta severidad

Fuente: ASTM D6433



### **g. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado.**

Descripción: 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:

L: El craquelado se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie esta en buena condición con solo un descamado menor presente.

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

H: La losa esta descamada en más del 15% de su área.

Medida:

Una losa descamada se contabiliza como una losa. El craquelado de baja severidad debe contabilizarse únicamente si el descamado potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.

Opciones para Reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobrecarpeta.



Figura N° 19: Desconchamiento de baja severidad

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 20: Desconchamiento de severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 21: Desconchamiento de alta severidad

Fuente: ASTM D6433

#### **h. Descascaramiento de esquina.**

Descripción: 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 38.1 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.

Cuadro N° 7: Niveles de severidad para descascaramiento de esquina

Profundidad del Descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm
Menor de 25.0 mm	L	L
> 25.0 mm a 51.0 mm	L	M
Mayor de 51.0 mm	M	H

Fuente: ASTM D6433

Medida:

Si en una losa hay una o más grietas con descascaramiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.



Figura N° 22: Descascaramiento de baja severidad

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 23: Descascaramiento de severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 24: Descascaramiento de alta severidad

Fuente: ASTM D6433

### i. Descascaramiento de junta.

Descripción: 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 N° 8, 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.

Cuadro N° 8: Niveles de severidad descascaramiento de juntas

Fragmentos del Descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6m	> 0.6 m
Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	< 102 mm	L	L
	> 102 mm	L	L
Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.	< 102 mm	L	M
	>102 mm	L	M
Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.	< 102 mm	L	M
	> 102 mm	M	H

Fuente: ASTM D6433

Medida:

Si el descascaramiento se presenta a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una losa con descascaramiento de junta. Si está sobre más de un borde de la misma losa, el borde que tenga la mayor severidad se cuenta y se registra como una losa. El descascaramiento de junta también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con descascaramiento de junta.

Opciones para Reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.

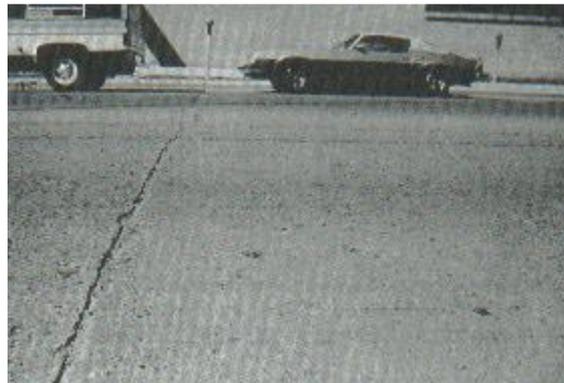


Figura N° 25: Descascaramiento de junta de baja severidad

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 26: Descascaramiento de junta de severidad media

Fuente: ASTM D6433



Figura N° 27: Descascaramiento de junta de alta severidad

Fuente: ASTM D6433

### 2.2.1.2 Ábacos de curva para pavimentos rígidos

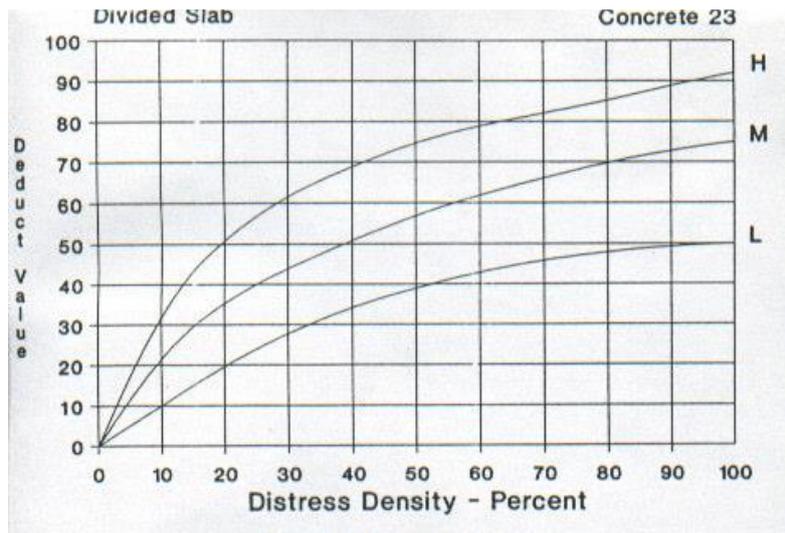


Gráfico N° 1: Abaco Losa dividida

Fuente: ASTM D6433

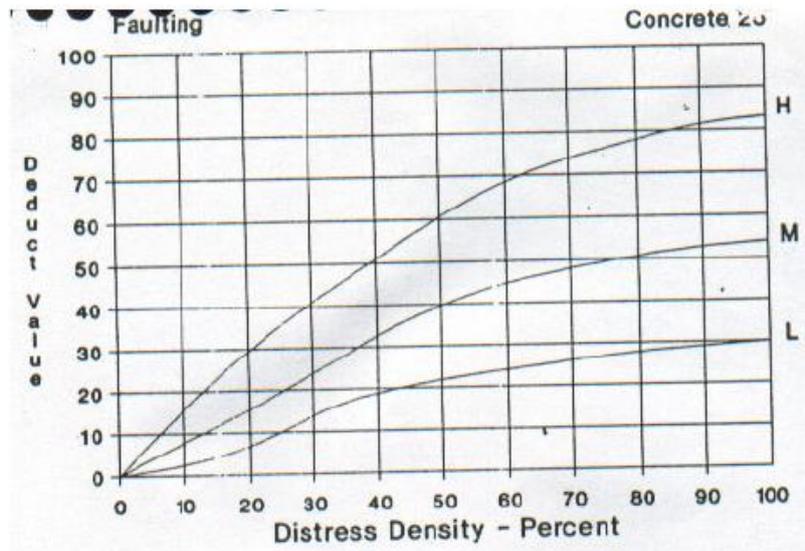


Gráfico N° 2: Abaco de escala

Fuente: ASTM D6433

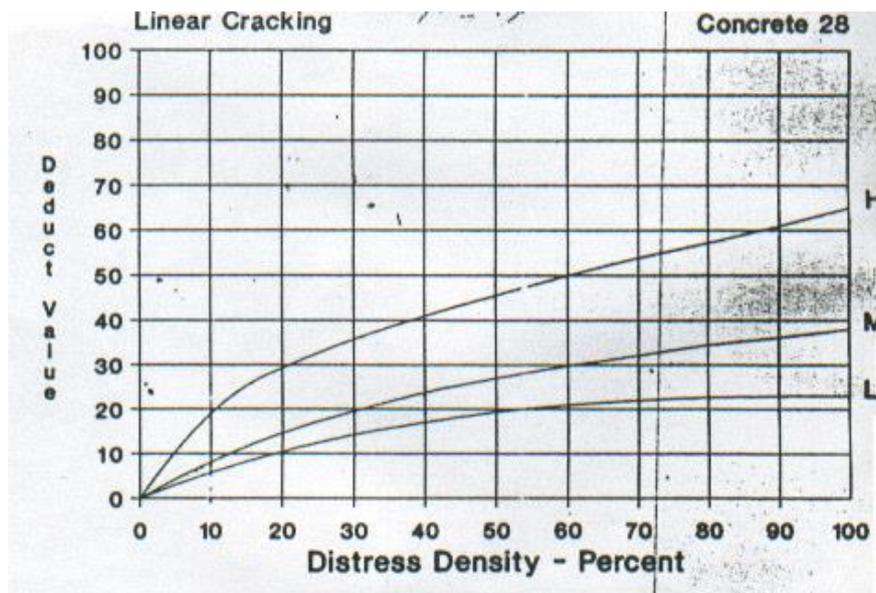


Gráfico N° 3: Abaco de grieta lineal

Fuente: ASTM D6433

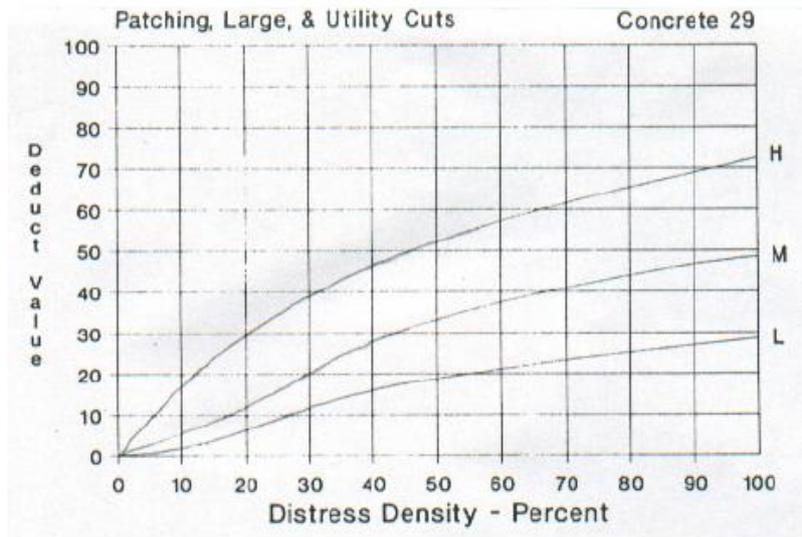


Gráfico N° 4: Abaco de parche grande

Fuente: ASTM D6433

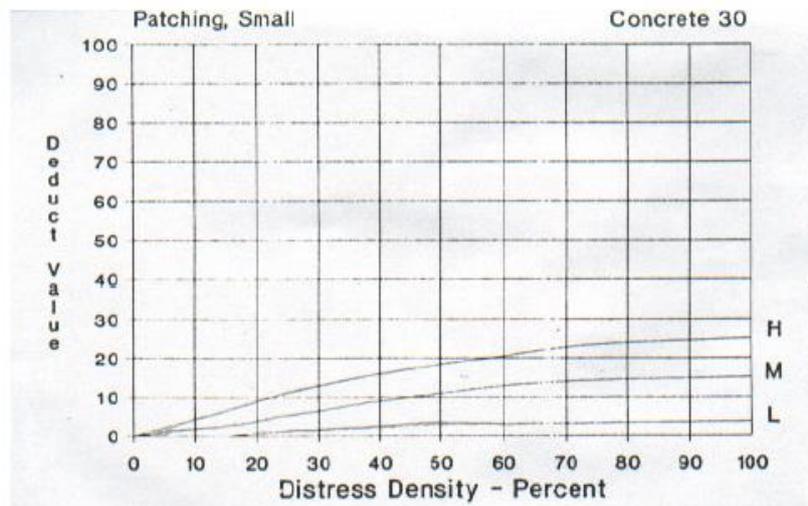


Gráfico N° 5: Abaco de parche pequeño

Fuente: ASTM D6433

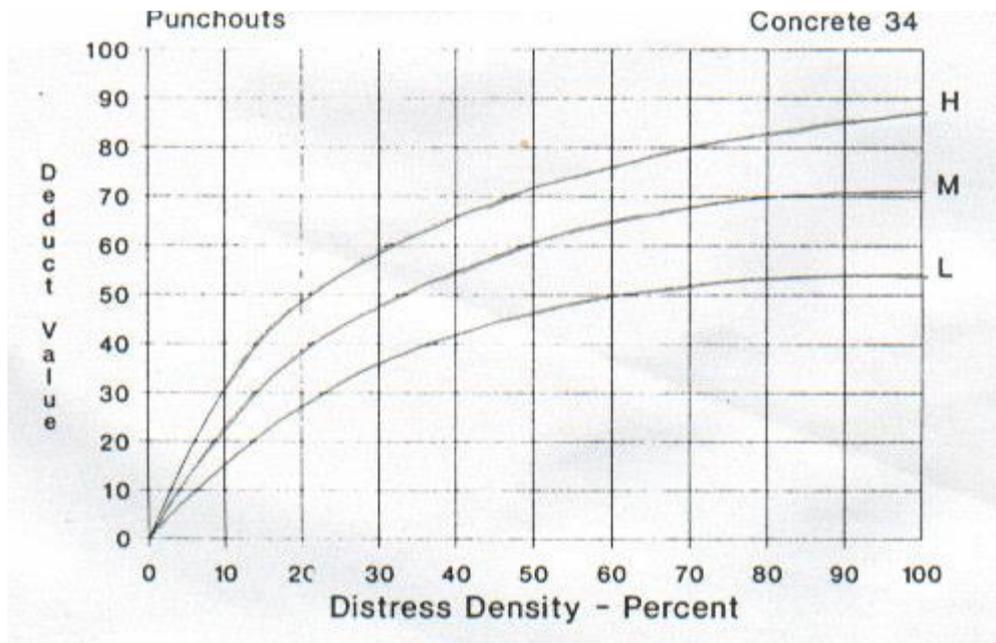


Gráfico N° 6: Abaco de punzonamiento

Fuente: ASTM D6433

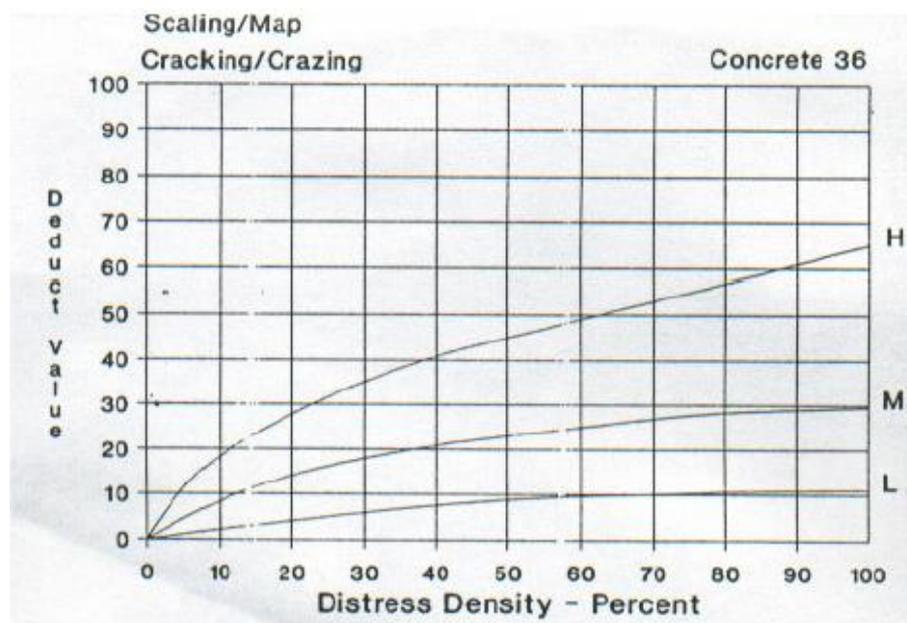


Gráfico N° 7: Abaco desconchamiento

Fuente: ASTM D6433

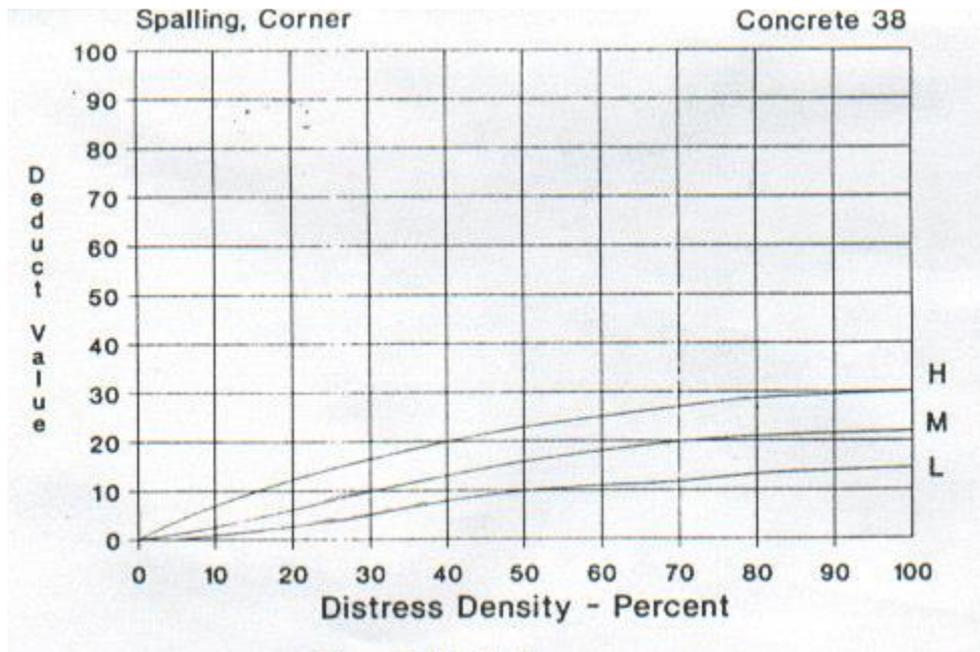


Gráfico N° 8: Abaco descascaramiento de esquina

Fuente: ASTM D6433

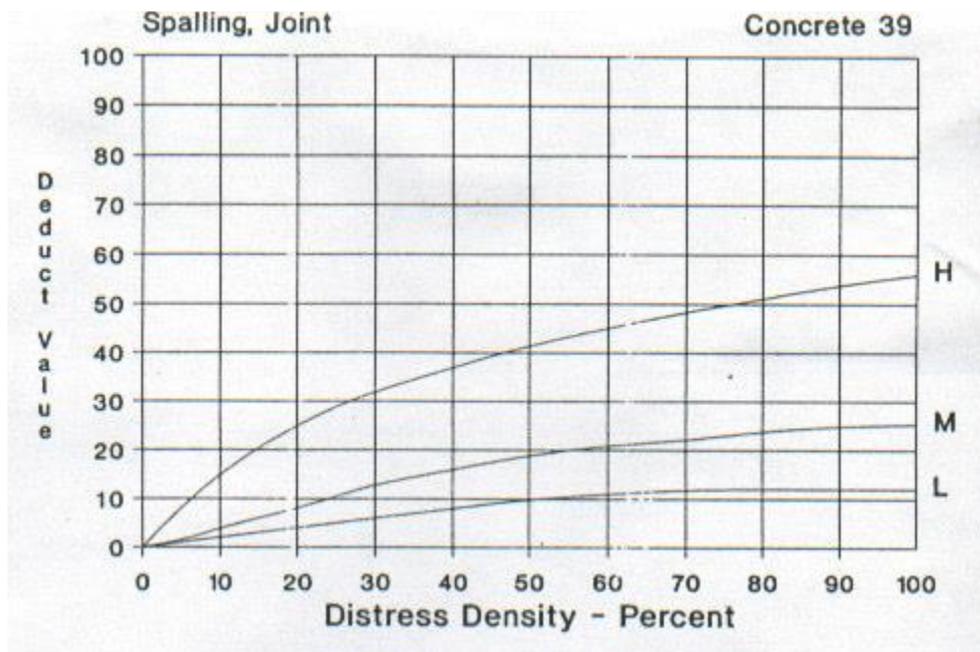


Gráfico N° 9: Abaco descascaramiento de junta

Fuente: ASTM D6433

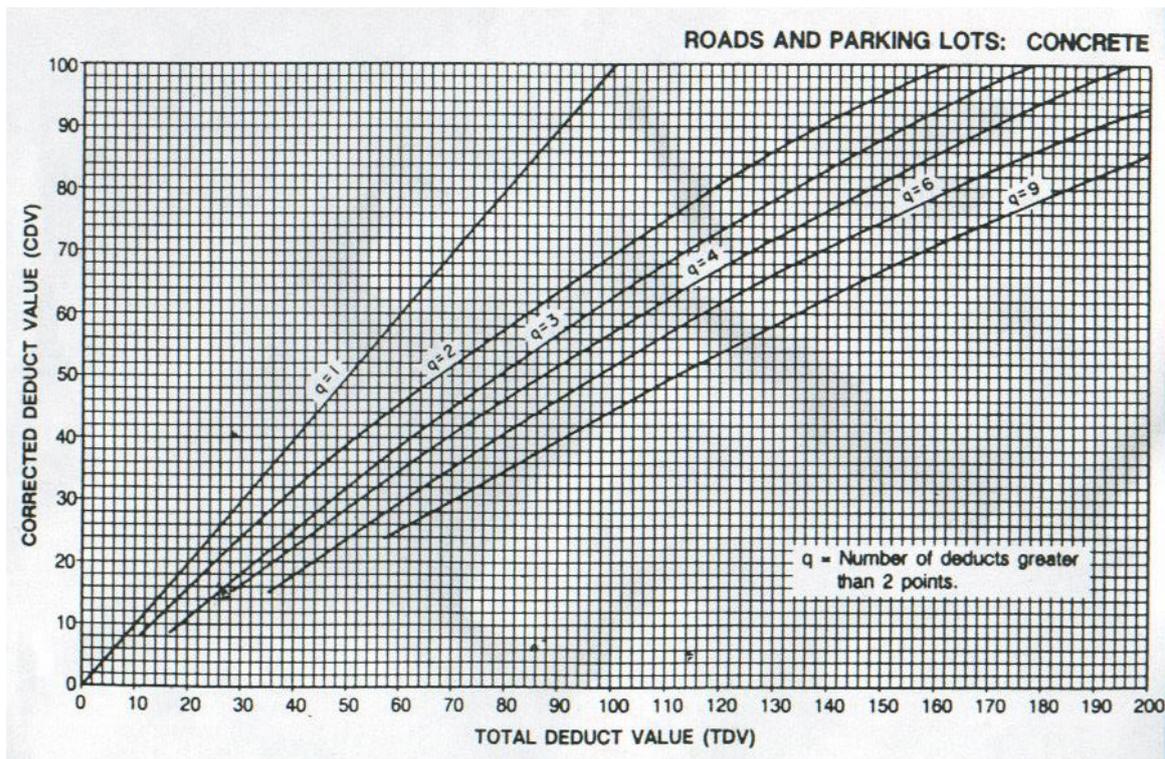


Gráfico N° 10: Abaco de corrección de valores deducidos

Fuente: ASTM D6433

### 2.2.2. Metodología de Pavimento Rígido AASHTO 93

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Todo lo contrario sucede en los pavimentos flexibles, que al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencias mayores tensiones en la subrasante, como se puede apreciar en la figura N° 28.

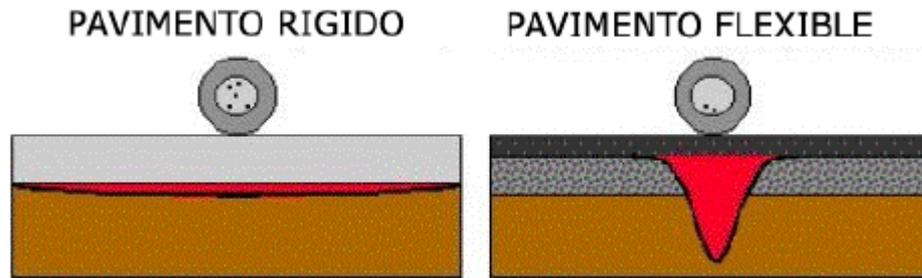


Figura N° 28: Esquema del comportamiento de pavimentos

Fuente: AASHTO 93

### Esquema del comportamiento de pavimentos

Los elementos que conforman un pavimento rígido son: subrasante, subbase y la losa de concreto. A continuación se hará una breve descripción de cada uno de los elementos que conforman el pavimento rígido.

#### a) 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.

#### b) 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:

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

### **c) Losa**

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

#### **2.2.2.1. Tipos de pavimento de concreto**

Los diversos tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en orden de menor a mayor costo inicial, de la siguiente manera:

- Pavimentos de concreto simple.
  - Sin pasadores.
  - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

### **a) Pavimentos de concreto simple**

#### **a.1) Sin pasadores:**

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón

(interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. Por ejemplo para calles de urbanizaciones residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas 20 cm o más.

Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la subrasante.

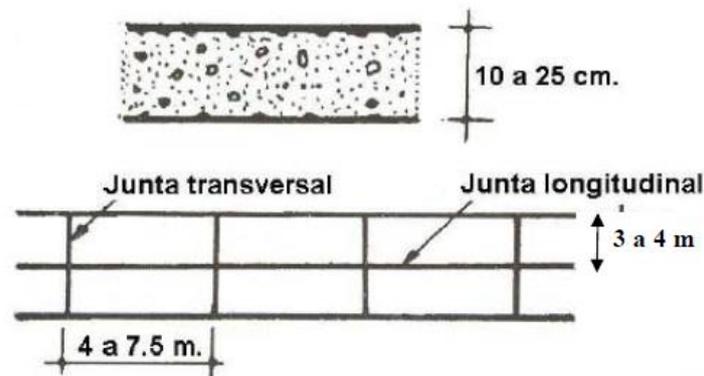


Figura N° 29: Pavimento de concreto simple sin pasadores

Fuente: AASHTO 93

### a.2) Con pasadores:

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de

deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos).

Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más.

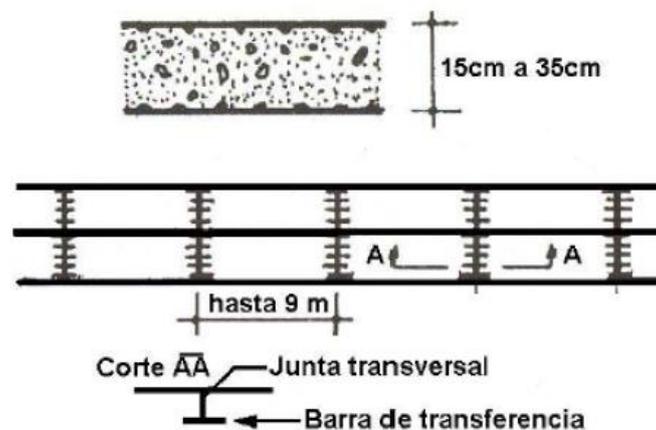


Figura N° 30: Pavimento de concreto simple con pasadores

Fuente: AASHTO 93

### b) Pavimentos de concreto reforzado con juntas:

Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural.

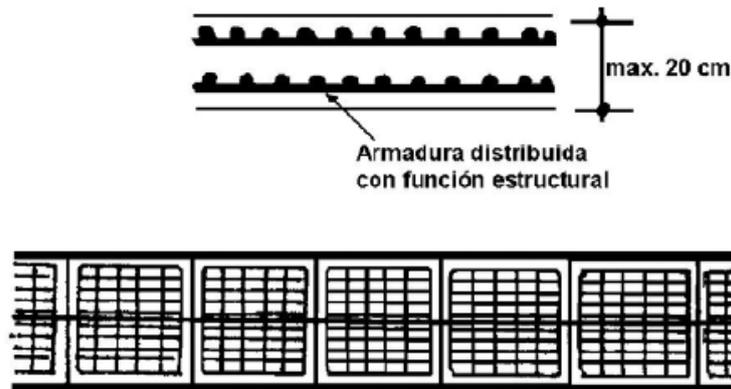


Figura N° 31: Pavimento de concreto reforzado

Fuente: AASHTO 93

### c) Pavimentos de concreto con refuerzo continuo:

A diferencia de los pavimentos de concreto reforzado con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos.

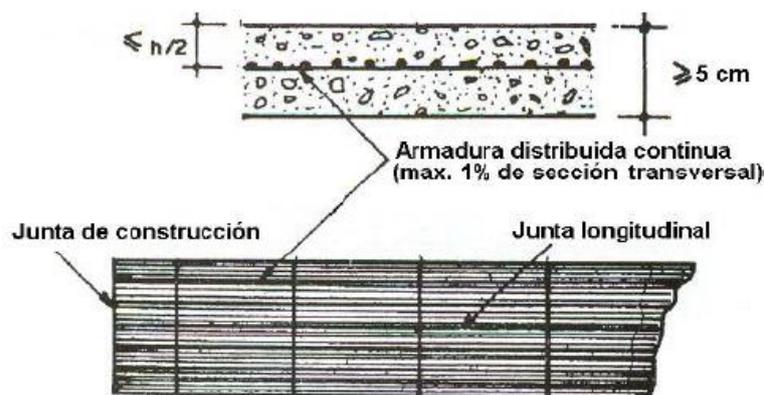


Figura N° 32: Pavimento con refuerzo continuo

Fuente: AASHTO 93

### 2.2.2.2. Juntas:

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento



dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas.

Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento.

De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machimbradas y acanaladas.

#### **Juntas de contracción:**

Su objetivo es inducir en forma ordenada la ubicación del agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y el alabeo de losas. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para la transferencia de cargas, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, se espera que la transferencia de cargas se logre mediante la trabazón entre los agregados.

En la figura N° 33, se observan los diferentes tipos de juntas de contracción

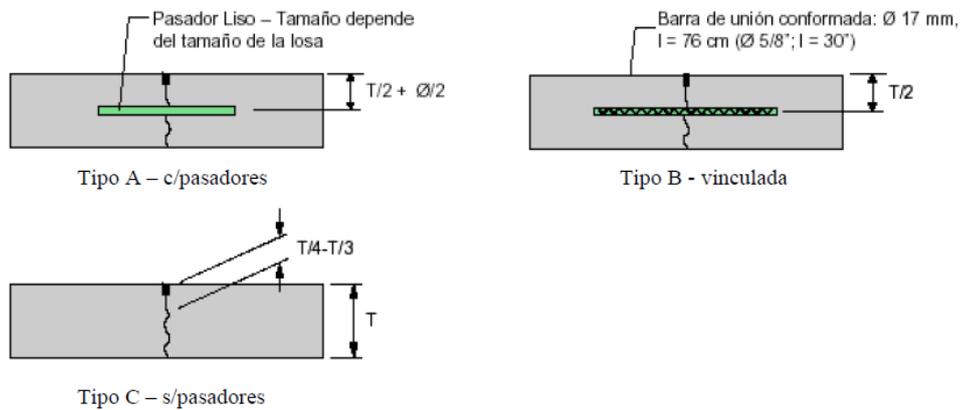


Figura N° 33: Tipos de juntas de contracción

Fuente: AASHTO 93

### Juntas de construcción:

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas de pavimentación. La transferencia de cargas se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales. En la figura N° 34, se observan los diferentes tipos de juntas de construcción.

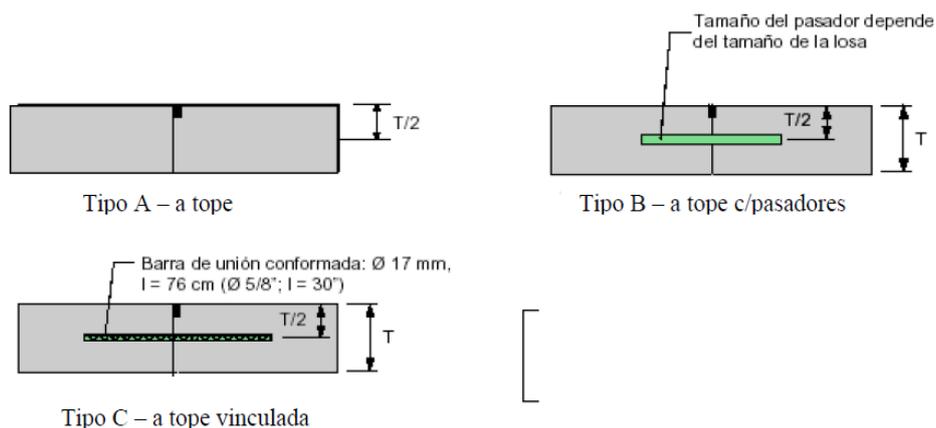


Figura N° 34: Tipos de juntas de construcción

Fuente: AASHTO 93

### Juntas de expansión o aislación:

Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en éstos, cuando se expanden por el aumento de temperatura.

También se utilizan para aislar estructuras existentes. En la figura N°35, se muestran los diferentes tipos de juntas de expansión.

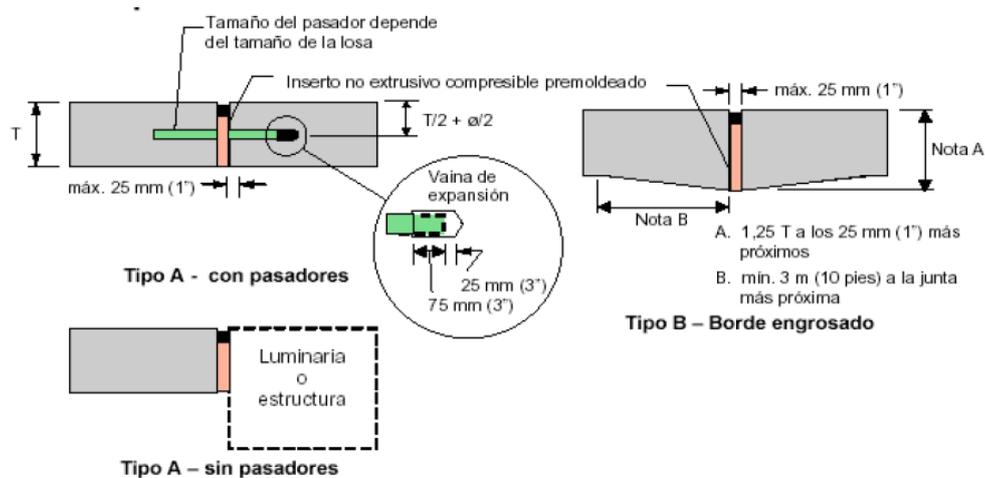


Figura N° 35: Tipos de juntas de expansión

Fuente: AASHTO 93

### 2.2.2.3. Sellos

La función principal de un sellador de juntas es minimizar la infiltración de agua a la estructura del pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de éstas (descascaramientos).

En la selección del sello se debe considerar su vida útil esperada, el tipo de sello, tipo de junta, datos climáticos y el costo de control de tránsito en cada aplicación del sello, en todo el período económico de análisis. El tipo de junta es muy influyente en la selección del material de sello. Las juntas longitudinales entre pistas o en la unión berma-losa no generan las mismas tensiones sobre el sello que ejercen las juntas transversales, debido a que



sus movimientos son considerablemente menores. Se podría optimizar enormemente el costo del proyecto considerando esto en la selección del sello.

Todo material de sellos de juntas de pavimentos de concreto, deben cumplir con las siguientes características:

- Impermeabilidad
- Deformabilidad
- Resiliencia
- Adherencia
- Resistencia
- Estable
- Durable

Finalmente, el sellado se hará antes de la entrega al tránsito y previa limpieza de la junta, con la finalidad de asegurar un servicio a largo plazo del sellador. Los siguientes puntos son esenciales para las tareas de sellado:

- Inmediatamente antes de sellar, se deben limpiar las juntas en forma integral para librarlas de todo resto de lechada de cemento, compuesto de curado y demás materiales extraños.
- Parta limpiar la junta, se puede usar arenado, cepillo de alambre, chorro de agua o alguna combinación de estas herramientas. Las caras de la junta se pueden imprimir inmediatamente después de la limpieza.
- Es necesario usar el soplado con aire como paso final de la limpieza.
- Cabe mencionar que la limpieza solo se hará | sobre la cara donde se adherirá el sellador.



### **Sellos líquidos:**

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de adhesión con la cara de la junta. Los sellos líquidos pueden ser de asfalto, caucho colocado en caliente, compuesto elastoméricos, siliconas y polímeros. Los materiales son colocados en las juntas en forma líquida, permitiéndoseles fraguar.

Cuando se instalan los sellos líquidos es necesario el uso de un cordón o varilla de respaldo, la cual no debe adherirse ni al concreto ni al sellador ya que si esto sucede se induce tensión en el mismo. También ayuda a definir el factor de forma y a optimizar la cantidad de sello a usar. El diámetro del cordón debe ser 25 % más grande que el ancho del reservorio para asegurar un ajuste hermético.

El factor de forma (relación ancho/profundidad) del sellador es una consideración muy importante a tener en cuenta, ya que si éste no es el adecuado, se pueden generar esfuerzos excesivos dentro del sello que acorta la vida útil de éste. Un sellador con un factor de forma inferior a uno desarrolla menos esfuerzos que un sellador con un factor de forma mayor a uno.

### **Sellos elastoméricos preformados:**

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de recuperación a la compresión. Son sellos de neopreno extruido que tienen redes internas que ejercen una fuerza hacia fuera contra las caras de la junta. A diferencia de los sellos líquidos que experimentan esfuerzos de compresión y tensión, los sellos preformados solo se diseñan para esfuerzos de tensión.

La profundidad y ancho del reservorio dependen de la cantidad de movimiento esperado en la junta. Como regla general, la

profundidad del reservorio debe exceder la profundidad del sello preformado.

Los reservorios de sellador por compresión están conformados para proporcionar un promedio de compresión del sellador de un 25 % en todo momento. En la figura N°36, se observan los diferentes tipos de selladores.

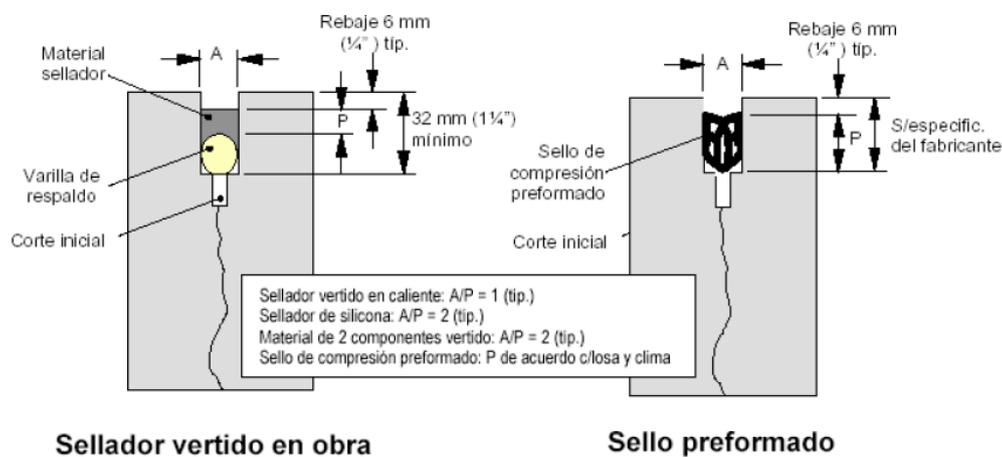


Figura N° 36: Tipos de selladores

Fuente: AASHTO 93

#### 2.2.2.4. Factores de diseño:

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:



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

Ecuación N° 4: Ecuación fundamental AASHTO 93

Donde:

**W18** = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.

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

**S0** = Desvío estándar de todas las variables.

**D** = Espesor de la losa del pavimento en pulg.

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

**Pt** = Serviciabilidad final.

**Sc** = Módulo de rotura del concreto en psi.

**J** = Coeficiente de transferencia de carga.

**Cd** = Coeficiente de drenaje.

**EC** = Módulo de elasticidad del concreto, en psi.

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

Para una mejor descripción de las variables, éstas se han clasificado de la siguiente manera:

- **Variables de diseño.** Esta categoría se refiere al grupo de criterios que debe ser considerado para el procedimiento de diseño.
- **Criterio de comportamiento.** Representa el grupo de condiciones de fronteras especificado por el usuario, dentro del que una alternativa de diseño deberá comportarse.
- **Propiedades de los materiales para el diseño estructural.** Esta categoría cubre todas las propiedades de los materiales del



pavimento y del suelo de fundación, requeridas para el diseño estructural.

- **Características estructurales.** Se refiere a ciertas características físicas de la estructura del pavimento, que tienen efecto sobre su comportamiento.

#### 2.2.2.5. Variables de diseño:

##### **Variables 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 cuadro N°09.



Cuadro N° 9: Periodo de análisis

CLASIFICACIÓN DE LA VIA	PERIODO DE ANALISIS (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: AASHTO 93

### Tránsito

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.

La información de tráfico requerida por la ecuación de diseño utilizado en este método son: cargas por eje, configuración de ejes y número de aplicaciones.

Para la estimación de los ejes simples equivalentes (ESALs), se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

#### a) Factor equivalente de carga (LEF, por sus siglas en inglés):

La conversión se hace a través de los factores equivalentes de carga (Fec), que es el número de aplicaciones ESALs aportadas por un eje determinado. Así, el Fec es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por



la carga de un eje estándar de 18 Kips y la carga producida por otro tipo de eje.

$$LEF = \frac{N^{\circ} \text{ de ESALs de 80 kN que produce una pérdida de serviciabilidad}}{N^{\circ} \text{ de ejes x kN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

Ecuación N° 5: Factor equivalente de carga

### **b) Factor camión (TF, por sus siglas en ingles):**

El factor camión (FC) da una manera de expresar los niveles equivalentes de daño entre ejes, pero para el cálculo de ESALs es conveniente expresar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular, es decir los daños producidos por cada eje de un vehículo son sumados para dar el daño producido por ese vehículo. Así nace el concepto de factor camión que es definido como el número de ESALs por vehículo.

El factor camión, puede ser computado para cada clasificación general de camiones o para todos los vehículos comerciales como un promedio para una configuración dada de tránsito, pero es más exacto considerar factores camión para cada clasificación general de camiones.

### **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:

$$R (\%) = 100 P(Nt > NT)$$

Donde:

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

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

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 el cuadro N° 10, se muestran valores para la desviación estándar.

Cuadro N° 10: Valores para la desviación standar

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: AASHTO 93

**a) Grado de importancia de la carretera:**

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 el cuadro N° 11, se dan niveles de confiabilidad aconsejados por la AASHTO.

Cuadro N° 11: 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: AASHTO 93

### 2.2.2.6. Criterios de comportamiento:

#### 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:

- Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
- El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
- 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.
- 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.



- 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 ingles).

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.

#### **a) 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, si es que no se tiene información disponible para el diseño.

#### **b) 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 Pt indicados en el cuadro N° 12.

Cuadro N° 12: Índice de serviciabilidad final

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

Fuente: AASHTO 93

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

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

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.

### 2.2.2.7. Propiedades de los materiales:

#### Módulo de reacción de la subrasante (k):

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.

#### **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.

#### **Módulos 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:

$$E_c=57000(f_c)^{0.5}$$

Ecuación N° 6: Modulo de elasticidad del concreto

#### 2.2.2.8. Características estructurales:

##### 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.



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.

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.

El cuadro N° 13, 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.

Cuadro N° 13: 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: AASHTO 93



### 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:

$$LT_{\delta} = \frac{(\delta_{\text{no cargada}})}{\delta_{\text{cargada}}}$$

Ecuación N° 7: Transferencia de carga

Donde:

$LT_{\delta}$  = 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 N° 37, 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.

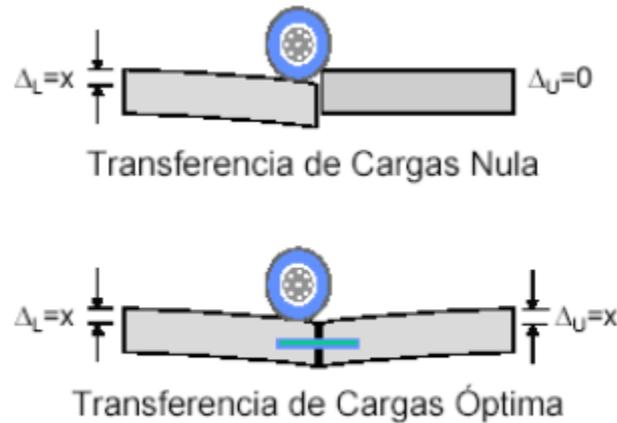


Figura N° 37: Transferencia de carga

Fuente: AASHTO 93

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.

El cuadro N°14, establece rangos de los coeficientes de transferencia de carga para diferentes condiciones desarrolladas a partir de la experiencia y del análisis mecanístico de esfuerzos. Como se puede apreciar en ese cuadro 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.



Cuadro N° 14: Coeficiente de transferencia de carga (J)

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
	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: AASHTO 93

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. Es necesario tener en cuenta que la zona crítica de la losa es la esquina y con esta premisa las cargas se alejan de ella, permitiendo una reducción de espesores.

### 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. Aun cuando se utilice una subbase no erosionable, pueden desarrollarse vacíos, reduciendo la vida del pavimento.

El cuadro N°15, proporciona algunos rangos sugeridos por las AASHTO para la pérdida de soporte, dependiendo del tipo de material (específicamente su rigidez o módulo elástico).



Cuadro N° 15: Valores de LS

TIPO DE MATERIAL	PÉRDIDA DE SOPORTE
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: AASHTO 93

### 2.2.3. La metodología del Portland Cement Association (PCA)

Después de seleccionar el tipo de pavimento de hormigón (pavimento simple con ó sin pasa juntas, pavimento reforzado con juntas con pasa juntas, o pavimento continuamente reforzado), tipo de subbase si es necesaria, y tipo de berma (con ó sin berma de hormigón, sardinel y cuneta o sardinel integral); el espesor de diseño es determinado en base a los cuatro factores siguientes:

- Resistencia del hormigón a la flexión (módulo de rotura MR).
- Resistencia de subrasante y subbase combinadas (k).
- Los pesos, frecuencias, y tipos de cargas axiales de camión que el pavimento soportará.
- El periodo de diseño, que en éste y otros procedimientos usualmente es considerado como de 20 años, pudiendo ser más ó menos.

Estos factores de diseño son discutidos con más detalle en las secciones siguientes. Otras consideraciones de diseño incorporadas al procedimiento son tratadas.



### 2.2.3.1. Resistencia del Hormigón a la Flexión

La resistencia del hormigón a la flexión es considerada en el procedimiento de diseño mediante el criterio de fatiga, que controla el agrietamiento del pavimento bajo las cargas repetitivas de camiones.

El pandeo de un pavimento de hormigón bajo cargas axiales produce esfuerzos de compresión y flexión. Sin embargo, las relaciones de los esfuerzos y resistencias de compresión son demasiado pequeños para influenciar en el diseño del espesor de la losa. Las relaciones de los esfuerzos y resistencias de flexión son mucho más altos, excediendo a menudo valores de 0.5. Como resultado, los esfuerzos flexores y la resistencia a la flexión del hormigón son usados en el diseño de espesores. La resistencia a la flexión es determinada mediante pruebas de módulo de rotura, realizadas usualmente sobre vigas de 6x6x30-pulg.

Para proyectos específicos, la dosificación del hormigón debería ser diseñada para proporcionar adecuada durabilidad y resistencia flexora, al menor costo posible. Los procedimientos de diseño de mezclas son descritos en la publicación PCA "Diseño y Control de Mezclas de Concretó".

El módulo de rotura puede ser obtenido mediante cargas en cantiliver, en un punto central, o en los tercios. Una diferencia importante en estos métodos de prueba es, que la prueba de la carga en los tercios da la mínima resistencia en el tercio central de la viga ensayada, mientras que los otros dos métodos muestran la resistencia en un sólo punto. El valor determinado por el método más conservador de la carga en los tercios (ASTM C78), es usado para el diseño en éste procedimiento.

Las pruebas de módulo de rotura son comúnmente realizadas a los 7, 14, 28, y 90 días. Los resultados de prueba a los 7 y 14 días son comparados con los requerimientos de las especificaciones para control de trabajo y para determinar cuándo los pavimentos pueden ser abiertos al tráfico.

Los resultados del ensayo a los 28 días han sido comúnmente usados para el diseño de espesores de pavimentos de carreteras y calles, y son los recomendados para usar con este procedimiento; los resultados a los 90 días son usados para el diseño de pistas de aterrizaje. Estos valores son usados debido a que hay muy pocas repeticiones de esfuerzo durante los primeros 28 a 90 días de la vida del pavimento en comparación con los millones de repeticiones de esfuerzo que ocurrirán más tarde.

El hormigón continúa adquiriendo mayor resistencia con la edad tal como muestra la Figura N°38. La resistencia ganada es mostrada por la curva llena, que representa los valores MR promedio para varias series de ensayos de laboratorio, de vigas de prueba curadas en el campo y secciones de hormigón tomadas de pavimentos en servicio.

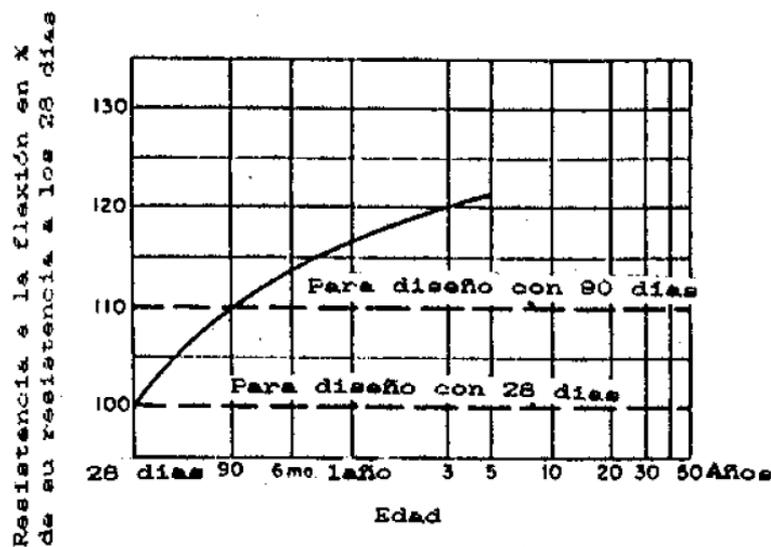


Figura N° 38: Relación entre la resistencia la flexión y la edad de diseño



Fuente: Manual PCA.

En este procedimiento de diseño, los efectos de las variaciones de la resistencia del hormigón de un punto a otro del pavimento y las ganancias de resistencia del hormigón con la edad son incorporados en las cartas y cuadros de diseño. El diseñador no aplicará directamente estos efectos sino implemente ingresará el valor de resistencia promedio a los 28 días.

### 2.2.3.2. Soporte de la Subrasante y Subbase:

El soporte que proporciona la subrasante y la subbase, donde es usada; es el segundo factor en el diseño de espesores. El soporte de la subrasante y subbase es definido en términos del módulo de reacción de la subrasante (k) de Westergaard. Es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga (una placa de 30-pulg. De diámetro), dividido por la deflexión en pulgadas para esa carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada, por pulgada (psi/pulg), es decir como libras por pulgada cúbica (pci).

Cuadro N° 16: Efecto de la Subbase no tratada sobre los valores K

Valor k de la Subrasante pci	Valor k de la Subbase, pci			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Manual PCA.

Cuadro N° 17: Valores K de diseño para Subbases tratadas con cemento

Valor k de la Subrasante pci	Valor k de la Subbase, pci			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	10 pulg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	-



Fuente: Manual PCA.

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 de California (California Bering Ratio 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.

La Carretera Experimental AASHO demuestra convincentemente que la reducción del soporte de la subrasante durante períodos de deshielo afecta poco o nada al espesor requerido del pavimento de hormigón. Esto es cierto porque los períodos breves en los que el valor de  $k$  es disminuido durante los deshielos de primavera, son compensados por los períodos largos donde la subrasante está helada y los valores de  $k$  son más altos que los asumidos para el diseño. Para evitar los largos y tediosos métodos necesarios para tener en cuenta los cambios estacionales del valor de  $k$ , se utiliza, como valor medio razonable el normal de verano u otoño.

No es económico usar subbases no tratadas con el sólo propósito de incrementar los valores de  $k$ . Donde sea usada una subbase, se producirá un incremento del valor  $k$  que puede ser usado en el diseño del espesor. Si la subbase es un material granular no tratado, el incremento aproximado del valor  $k$  puede ser tomado del cuadro N°16.

Los valores mostrados en el cuadro N°16, están basados en los análisis de Burmister para sistemas de dos capas mediante



pruebas de carga sobre placas en losas a escala natural, realizados para determinar los valores k en subrasantes y subbases.

Las subbases tratadas con cemento son ampliamente usadas en pavimentos de hormigón sujetos a tráfico pesado. Ellas son construidas de materiales granulares A-1, A-2-4, A-2-5 y A-3 de la Clasificación de Suelos AASHTO. El contenido de cemento de la subbase tratada con cemento está basado en las pruebas estándar de laboratorio ASTM de hielo-deshielo y humedecimiento- secado y en los criterios de pérdida de peso de la PCA.

Otros procedimientos que den una calidad equivalente de material pueden ser usados. Los valores k de diseño para subbases tratadas con cemento y que reúnen los criterios antes señalados están dados en el cuadro N°17.

En años recientes, se han incrementado el uso de subbases de hormigón pobre. El diseño de espesores de pavimentos de hormigón con estas subbases muy rígidas, representan un caso especial.

#### **2.2.3.3. Periodo de Diseño:**

El término periodo de diseño es usado en este texto en vez de vida del pavimento, porque éste último no está sujeto a una definición precisa. Algunos ingenieros y agencias de carreteras consideran que la vida de un pavimento de hormigón finaliza cuando se coloca la primera sobrecapa. La vida de los pavimentos de hormigón pueden variar desde menos de 20 años en algunos proyectos con tráfico mayor de lo originalmente estimado o que han tenido defectos de diseño, material o construcción defectuosa; a más de 40 años en otros proyectos donde no existan defectos.



El término periodo de diseño es considerado algunas veces como sinónimo del término periodo de análisis de tráfico. Debido a que el tráfico puede no ser predicho con mucha precisión para un periodo largo, comúnmente se utiliza un período de diseño de 20 años en procedimientos de diseño de pavimentos.

Sin embargo, existen a menudo casos donde el uso de períodos de diseño más cortos o más largos, pueden ser económicamente justificados, tal como en una carretera de transporte especial que será usada sólo por pocos años, o una construcción muy cara donde se desea un alto nivel de servicio por un periodo largo, con escaso o sin mantenimiento. Algunos ingenieros creen que el periodo de diseño para carreteras rurales y urbanas puede estar en un rango de 30 a 35 años.

El periodo de diseño seleccionado afecta al espesor de diseño, ya que determina cuántos años, y por lo tanto a cuántos camiones, debe servir el pavimento. La selección de un periodo de diseño para un proyecto específico está basado en criterios ingenieriles y en el análisis económico de los costos del pavimento y los servicios obtenidos en todo el periodo.

#### **2.2.3.4. Tráfico:**

La cantidad y los pesos de las cargas axiales pesadas esperadas durante la vida de diseño son los factores principales en el diseño de espesores de pavimentos de hormigón. Estos se derivan de las estimaciones de:

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



Información sobre el ADT es obtenida de conteos especiales del tráfico o de mapas del volumen de tráfico del estado, del condado, o de ciudades. Este ADT es denominado como el ADT presente o corriente. y el ADT de diseño es estimado por los métodos comúnmente usados discutidos aquí. Sin embargo, cualquier otro método que dé una estimación razonable del tráfico esperado durante la vida de diseño puede ser utilizado.

### **2.2.3.5. Proyección:**

Un método para obtener el dato del volumen de tráfico (ADT de diseño), requiere el uso de las tasas anuales del crecimiento de tráfico y factores de proyección del tráfico. El cuadro N°18, muestra las relaciones entre las tasas anuales de crecimiento y los factores de proyección para períodos de diseño de 20 y 40 años.

En un problema de diseño, el factor de proyección es multiplicado por el ADT presente para obtener el ADT de diseño que representa el valor promedio para el período de diseño. En algunos procedimientos, éste es llamado el promedio anual del tráfico diario (average annual daily traffic - AADT).

Los siguientes factores influyen en las tasas anuales de crecimiento y en las proyecciones del tráfico:

- Tráfico atraído o desviado - es el incremento sobre el tráfico existente, debido al mejoramiento de un camino existente.
- Crecimiento normal del tráfico - es el incremento debido al aumento del número y uso de vehículos motorizados.
- Tráfico generado - es el incremento debido a la llegada de los vehículos motorizados, que no se hubiera realizado si no se hubieran construido los nuevos servicios.



- Desarrollo del tráfico - es el incremento debido al cambio de uso del suelo por la construcción de los nuevos servicios.

La combinación de efectos origina tasas anuales de crecimiento entre el 2% y 6%.

Aproximadamente. Estas tasas corresponden a factores de proyección de tráfico en 20 años son de 1.2 a 1.8 tal como muestra en el cuadro N°18.

Las secciones de planeamiento de los departamentos estatales de carreteras, son fuentes muy útiles del conocimiento acerca del crecimiento de tráfico y de los factores de proyección.

Donde exista algún cuestionamiento acerca de la tasa de crecimiento, valores algo altos deben usarse con prudencia. Esto es lógico en rutas que unen ciudades y en proyectos urbanos donde una tasa alta de crecimiento urbano puede causar una tasa mayor que la esperada para el crecimiento del tráfico; a pesar de que el crecimiento del volumen de camiones puede ser menor que para los carros de pasajeros.

Las tasas altas de crecimiento no son aplicables en carreteras rurales de doble vía y en calles residenciales donde la función principal es el uso de la tierra o sirven de límite de propiedad. Sus tasas de crecimiento pueden estar debajo del 2% por año (factores de proyección de 1.1 a 1.3).

Algunos ingenieros sugieren que el uso de una tasa de crecimiento de interés simple puede ser apropiado, en vez de las tasas de interés compuesto, las que cuando son usadas con un período de diseño largo, pueden arrojar un tráfico futuro pesado no real.



Cuadro N° 18: Tasas anuales de crecimiento de tráfico y factores de proyección correspondiente

Tasa anual de crecimiento de tráfico	Factor de Proyección, 20 años	Factor de Proyección, 40 años
1	1.1	1.2
1 ½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 ½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 ½	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Fuente: Manual PCA.

#### 2.2.3.6. Capacidad:

El otro método de estimar el ADT de diseño, está basado en la capacidad – el número máximo de vehículos que puede usar el pavimento sin demora irracional.

Este método de estimación del volumen de tráfico es calculado y debería ser verificado para proyectos específicos donde el volumen de tráfico proyectado es alto; pueden ser necesarios más carriles de tráfico si se desea un flujo de tráfico razonable.

#### ADTT (Average Daily Truck Traffic - Tráfico Diario Promedio de Camiones):

El tráfico diario promedio de camiones en ambas direcciones (ADTT) es necesario en el procedimiento de diseño. Puede ser expresado como un porcentaje del ADT ó como un valor actual. Los valores de ADTT incluyen solamente camiones con seis ruedas o más, y no incluye camiones panel ni pickup ni otros vehículos de cuatro ruedas.

Los datos de los mapas de volumen de tráfico estatales, de los condados, o de las ciudades pueden incluir, en adición al ADT, el porcentaje de camiones con el que puede ser calculado el ADTT.



Para el diseño de proyectos mayores y en los Sistemas Interestatales Primarios, la sección de planeamiento e investigación de los departamentos estatales de transportes, generalmente llevan a cabo estudios específicos de tráfico. Estos datos son luego usados para determinar las relaciones porcentuales entre el ADTT y el ADT.

Los porcentajes de ADTT y otros datos esenciales de tráfico, pueden también ser obtenidos de investigaciones conducidas por el departamento de carreteras en localizaciones específicas del sistema vial.

Estas localizaciones llamadas estaciones de medición de cargas, son seleccionadas cuidadosamente para proporcionar información confiable de la composición del tráfico, pesos de camiones y cargas axiales. Los resultados de las investigaciones son compilados en un juego de cuadros donde puede ser determinado el porcentaje de ADTT para las clases de carreteras con que cuenta un estado. Estos trabajos hacen posible calcular el porcentaje ADTT para cada estación. Por ejemplo, una tabla de medida de cargas del departamento de carreteras, para los estados del Oeste Medio, produce el siguiente conteo de vehículos para una estación de medida de cargas en su Sistema Rural Interestatal:

Total de vehículos- ADT	9492
Camiones:	
Total de unidades simples y combinaciones:	1645
Panels y pickups	353
Otras unidades simples	76



Por eso, para esta estación

$$T = 1645 - (353 + 76) = 1216$$

$$ADTT = (1216/9492) \times 100 = 13\%$$

Este porcentaje de ADTT debería ser apropiado para el diseño de un proyecto donde los factores que influyen el crecimiento y la composición del tráfico son similares a los de esta estación de medida de cargas.

Otra fuente de información de los porcentajes ADTT, es el Reporte Nacional de Características de Camiones (National Truck Characteristic Report). El cuadro N°19, que es el resultado de este estudio, muestra el porcentaje de las unidades simples de cuatro ruedas y de camiones en los principales sistemas de carreteras en los Estados Unidos. La publicación en uso, que es actualizada periódicamente, muestra que los camiones de ejes dobles y cuatro ruedas están comprendidos entre el 40% y 65% del número total de camiones, con un promedio nacional del 49%. Es probable que los valores bajos en rutas urbanas sean debido a los mayores volúmenes de vehículos de pasajeros antes que los pocos camiones.

Es importante tener presente que los porcentajes ADTT en el cuadro N°19, son valores promedio calculados de muchos proyectos en todas las secciones del país. Por esta razón, estos porcentajes son sólo adecuados para diseños de proyectos específicos donde los porcentajes ADTT, son también casi el promedio.

Para propósitos de diseño, se necesita el número de total de camiones en el periodo de diseño. Esto se obtiene mediante el producto del ADT de diseño por el porcentaje de ADTT,

multiplicado por el número de días en el período de diseño (365 x cantidad de años).

Para caminos de cuatro carriles o más, el ADTT es ajustado mediante el uso de la Figura N° 39.

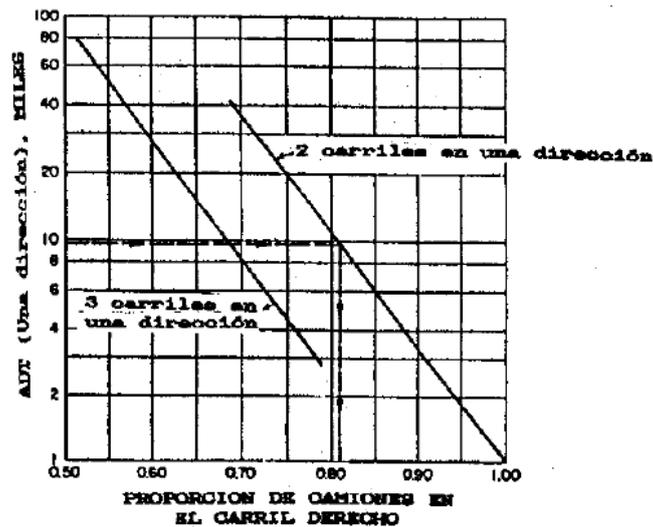


Figura N° 39: Proporciones de camiones en el carril derecho de una carretera dividida en carriles múltiples.

Fuente: Manual PCA.

Cuadro N° 19: Porcentajes de unidades simples de cuatro ruedas y camiones (ADTT) en varios sistemas de carretera.

Sistema Vial	Tráfico promedio diario rural			Tráfico promedio diario urbano		
	Unid. Simp. 2 ejes 4 ruedas	Camión (ADTT)	Total	Unid. Simp. 2 ejes 4 ruedas	Camión (ADTT)	Total
Interestatal	14	21	35	8	16	24
Otra Federal Primaria	16	13	29	17	9	26
Federal Secundaria	10	15	25	14	8	22

Fuente: Manual PCA.



### **2.2.3.7. Distribución Direccional de Camiones:**

En la mayoría de los problemas de diseño, se asume que los pesos y volúmenes de los camiones que viajan en cada dirección son casi iguales distribución 50 y 50, que el pavimento toma en cada dirección la mitad del ADTT total. Esto puede no ser cierto en casos especiales donde la mayoría de los camiones van totalmente cargados en una dirección y retornan vacíos en la otra dirección. Si tal es el caso, debe hacerse un ajuste apropiado.

### **2.2.3.8. Distribución de Cargas por Eje:**

Los datos de la distribución de cargas por eje del tráfico de camiones son necesarios para computar el número de ejes simples y tándem de diversos pesos esperados durante el periodo de diseño. Estos datos pueden ser determinados por una de tres maneras:

(1) a partir de estudios especiales de tráfico para establecer los datos de medición de cargas para el proyecto específico; (2) por recopilación de los datos de las estaciones de medición de cargas de los departamentos estatales de carreteras o estudios de cargas en movimiento en rutas representativas de los pesos y tipos de camiones, que se espera sean similares al proyecto bajo diseño; (3) a partir de los métodos basados en categorías de datos representativos para diferentes tipos de pavimentos, cuando los datos de distribución de cargas por eje no estén disponibles.

El uso de los datos de cargas por eje está ilustrado en el cuadro N°20, han sido agrupados en incremento de 2-kip y 4-kip para cargas por eje simple y por eje tándem respectivamente. Los datos ubicados bajo la denominación "Ejes por 1000 camiones" están dispuestos en una forma conveniente para calcular la distribución de cargas por eje; sin embargo, debe hacerse un ajuste. La



columna 2 en el cuadro N°20, proporciona los valores para todos los camiones, incluyendo los valores no deseados de panels, pickups, y otros vehículos de cuatro ruedas. Para superar esta dificultad, los valores tabulados se ajustan como se describe en las notas del cuadro N°20.

La columna 4 del cuadro N°20, da las repeticiones de varias cargas por ejes simples y tandem, esperadas durante un período de diseño de 20 años.

Cuadro N° 20: Datos de carga por eje.

(1) Carga por eje, Kips	(2) Ejes por 1000 camiones	(3) Ejes por 1000 caminoes	(4) Ejes en el periodo de diseño
<b>Ejes Simples</b>			
28-30	0.28	0.58	6,310
26-28	0.65	1.35	14,690
24-26	1.33	2.77	30,140
22-24	2.84	5.92	64,410
20-22	4.72	9.83	106,900
18-20	10.40	21.67	235,800
16-18	13.56	28.24	307,200
14-16	18.64	38.83	422,500
12-14	25.89	53.94	586,900
10-12	81.05	168.85	1873,000
<b>Ejes Tandem</b>			
48-52	0.94	1.96	21.320
44-48	1.89	3.94	42.870
40-44	5.51	11.48	124.900
36-40	16.45	34.27	372.900
32-36	39.08	81.42	885.800
28-32	41.06	85.54	930.700
24-28	73.07	152.23	1653.000
20-24	43.45	90.52	984.900
16-20	54.15	112.81	1227.000
12-16	59.85	124.69	1356.000

Fuente: Manual PCA.

### 2.2.3.9. Factores de Seguridad de Carga



En el procedimiento de diseño, las cargas por eje determinadas en la sección previa, son multiplicadas por un factor de seguridad de carga (Load Safety Factor-LSF). Recomendándose los siguientes factores:

- Para proyectos Interestatales y otros de múltiples carriles donde el flujo de tráfico será ininterrumpido y donde habrán altos volúmenes de tráfico de camiones, LSF = 1.2.
- Para carreteras y calles arteriales donde el volumen de tráfico de camiones será moderado, LSF = 1.1.
- Para carreteras, calles residenciales, y otras que soportarán pequeños volúmenes de tráfico de camiones, LSF 1.0.

Además de los factores de seguridad de carga, se introduce un cierto grado de conservadorismo en el procedimiento de diseño, para compensar las sobrecargas no previstas de camiones sobrecargados y las variaciones normales en las propiedades de los materiales y espesores de capas en las construcciones. Por encima del nivel básico de conservadorismo (LSF = 1.0), los factores de seguridad de carga de 1.1 a 1.2, proporcionan una gran tolerancia a la posibilidad de cargas de camiones pesados y volúmenes no previstos, y un alto nivel de serviciabilidad, apropiado en caminos con pavimentos de tipos mayores.



En casos especiales, puede ser justificado el uso de un LSF tan alto como 1.3 durante todo el período de diseño para mantener un nivel de serviciabilidad del pavimento mayor que el normal.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**



#### 4.1. Hipótesis:

##### Hipótesis general:

Al determinar el diseño apropiado de la estructura del pavimento rígido, permitirá mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10.

##### Hipótesis específica:

- Al determinar el índice de condición del pavimento rígido mediante el método del PCI, permitirá mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10.
- Al determinar la estructura del pavimento rígido mediante el método del AASHTO 93, permitirá mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10.
- Al determinar la estructura del pavimento rígido mediante el método del PCA, permitirá mejorar el confort del jirón Malecón Alomia Robles desde la cuadra 1 al 10.

#### 4.2. Tipo y método de la investigación:

De acuerdo a la **Orientación es Aplicada**, ya que se va aplicar las teorías y normas existentes como: El índice de condición de pavimentos (PCI), para el diagnóstico de fallas del pavimento rígido, método de AASHTO 93 y el PCA para el diseño estructural del pavimento. Para dar soluciones a problemas prácticos de las fallas del pavimento rígido y por infra diseño.

De acuerdo al **Enfoque es mixto**, porque la toma de datos es de forma cuantitativa con el uso de la norma del ASTM D6433, cuyo resultado nos dará una clasificación del pavimento rígido en forma cuantitativa. Y el diseño de la estructura del pavimento es cuantitativo mediante ambos métodos.



Es una **investigación descriptiva**, porque se describe o se identifica observando todos los aspectos que brinda el jr. Malecón Alomia Robles del distrito de Huánuco como: seguridad, condición del pavimento rígido, tipo de mantenimiento y el diseño de la estructura del pavimento.

#### 4.3. Nivel de la investigación:

De acuerdo al **nivel es Descriptivo**, porque se va a desarrollar una investigación de comparación de diseño del pavimento rígido, basado en diagnósticos de fallas o deterioro del pavimento, cálculo estructural del pavimento.

#### 4.4. Diseño de la investigación:

El diseño de esta investigación **No Experimental**, Porque se realiza sin manipular deliberadamente las variables, lo que se hace es observar, medir y analizar los tipos de fallas del pavimento, para luego calcular el tipo de intervención para su tipo de intervención, el conteo de tráfico, y el estudio del suelo.

De acuerdo con la direccionalidad es **Prospectiva**, Porque se mide y/o analiza en el presente las causas de las fallas, y efecto en el futuro para poder decidir el tipo de intervención del pavimento, para obtener un pavimento en buen estado y hacer el diseño de la estructura del pavimento, para q no pueda fallar por infra diseño ni por lluvias.

De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado es **Transversal**, Porque se recolectan y/o miden los datos una sola vez de la variable, y de inmediatamente procede a su descripción o análisis del tipo de falla del pavimento, la data del tráfico y sus ensayos del suelo.

#### 4.5. Sistema de variables:

*Variable independiente:*

- Comparación de los métodos de AASHTO 93 y del PCA.  
Es una variable cuantitativa discreta.



Variable dependiente:

- Diseño apropiado de la estructura de pavimento rígido.

Es una variable cualitativa nominal

#### 4.6. Operación de variables

Cuadro N° 21: operación de variables

VARIABLE	SUB-VARIABLE	INDICADORES	INSTRUMENTACIÓN
<b><u>Variable Independiente</u></b> Comparación de los métodos de AASHTO 93 y del PCA.	Método del PCI (índice de condición de pavimentos)	Condición del pavimento	ASTM D6433
	Trafico	Tráfico pesado Tráfico moderado Tráfico leve	Manual Inventario vial MTC
	Estudio de mecánica de suelos	Granulometría Limites Atterberg Proctor CBR	Manual de Suelos y Pavimento - MTC
	Estudio hidrológico	Precipitaciones	Manual de Hidrología MTC
<b><u>Variable Dependiente</u></b> Diseño apropiado de la estructura de pavimento rígido.	Método de AASHTO 93 y PCA	Diseño estructural Evaluación económica	Requisitos mínimos de estructura de pavimentos - MTC

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La técnica sería la observación directa y ficha de observación que nos da la norma del MTC con sus manuales, el ASTM D6433, manuales del AASHTO93 y el PCA.



#### **4.8. Procesamiento y presentación de datos:**

Los datos obtenidos se procesarán de las siguientes maneras:

- Procesamiento de datos con herramientas digitales como el word, excel, etc.

**CAPILLO IV**  
**ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS DE DISEÑO EN EL JR**  
**MALECÓN ALOMIA ROBLES**

#### 4.1 Estudios básicos:

El proyecto de investigación ha sido enfocado en el Jr. Malecón Alominia Robles, de modo que su servicio comprende de vías residenciales y comerciales, donde su tránsito es medianamente pesado, de sección regular de 7.00m, con una longitud de 1110 m.

#### Ubicación Geográfica:

La ubicación política de la zona en estudio es la siguiente:

Departamento	:	Huánuco
Provincia	:	Huánuco
Distrito	:	Huánuco
Vía de estudio	:	Jr. Malecón Alominia Robles desde la cuadra 1 al 10

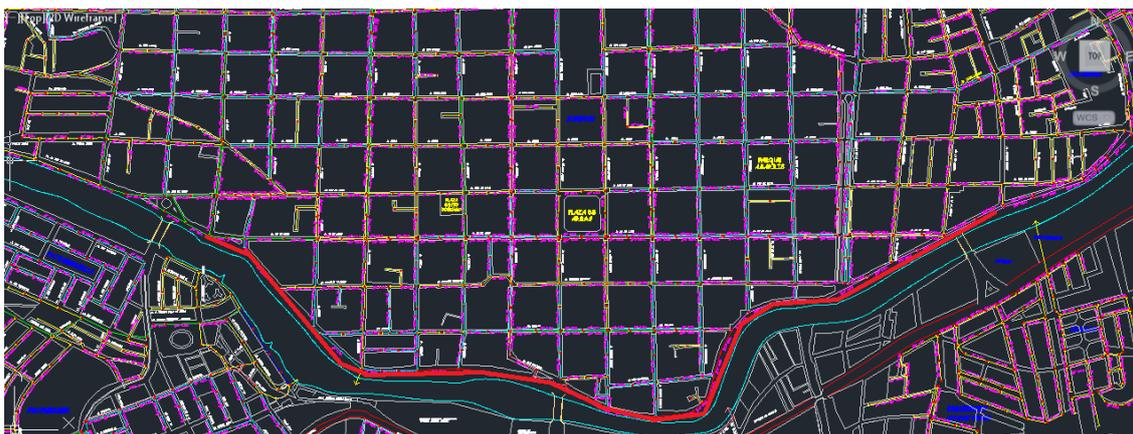


Figura N° 40. Ubicación del proyecto de investigación

Fuente: Elaboración propia

#### Estudio de tráfico:

En el cuadro N° 22, se muestra el IMD es de 9350 vehículos, de los destacan los moto taxis y los automóviles.



Cuadro N° 22. Estudio de tráfico, IMD.

HORA	TRANSPORTE LIGERO					TRANSPORTE URBANO			TRANSPORTE DE CARGA						TOTALES
	MOTO	BAJAJ	TICOS	AUTOS	PICK UP	COMBIS	USTER	BUSES	CAMIONES 2 EJES	CAMIONES 3 EJES	CAMIONES 4 EJES	CAMIONES 5 EJES	CAMIONES 6 EJES	MOLQU	
00-01															
01-02															
02-03															
03-04															
04-05															
05-06															
06-07	35	180	125	30	10	4	1	0	20	18	0	0	0	0	423
07-08	120	423	193	52	28	8	0	4	13	0	0	0	0	0	841
08-09	79	293	137	38	21	11	0	4	34	0	5	0	0	0	622
09-10	72	201	132	31	16	12	2	0	47	18	0	0	0	0	531
10-11	82	214	115	27	14	11	0	0	40	0	10	0	0	0	513
11-12	97	217	120	34	19	9	3	0	40	0	0	0	0	0	539
12-13	122	248	150	39	12	10	0	0	13	0	5	0	0	0	599
13-14	236	315	205	77	29	9	1	0	60	0	0	0	0	0	696.3
14-15	139	223	178	48	19	10	0	0	40	0	0	0	0	0	518.2
15-16	111	227	104	27	13	8	0	0	0	9	10	0	0	0	398
16-17	99	266	129	40	18	7	1	0	34	0	0	0	0	0	494.5
17-18	127	298	201	46	15	6	0	0	27	0	5	0	0	0	597.8
18-19	161	270	196	54	24	7	0	0	20	0	0	0	0	0	571.1
19-20	138	257	162	47	13	6	0	0	7	0	5	0	0	0	496.7
20-21	90	187	141	41	11	0	0	5	13	9	0	0	0	0	407.4
21-22															0
22-23															0
23-24															0
TOTAL	1708	3819	2288	631	262	118	8	13	409	54	40	0	0	0	9350

Fuente: Elaboración propia.

## Estudio de suelos

### Procesamiento de datos de campo y laboratorio:

Se realizaron 4 calicatas y los resultados de los Ensayos de laboratorio permitieron definir las características propias del suelo de la Sub Resante y su clasificación según la AASHTO (anexo I), su capacidad de soporte o CBR es de 27% para el 100% MDS Y 20.9% AL 95%

### 4.2 Tipos de falla del pavimento

#### Proceso

La evaluación superficial del pavimento rígido al Jr. Malecón Alomia Robles, en estudio de la zona urbana de la ciudad de Huánuco se realizó mediante el método del PCI. Se evaluaron el 100% del Jr. Malecón Alomia Robles, mediante la evaluación del PCI. La evaluación de esta vía se realizó para tener una visión general del estado total de la vía del distrito, ya que evaluar el 100% de las calles de la ciudad de Huánuco por el método del PCI hubiera requerido una mayor cantidad de personal y tiempo.



Con ayuda de planos de la zona y una libreta de campo se recolectó información sobre el metrado de fallas de la vía. Se dividió la vía en estudio en componentes y unidades de muestra. Luego se procesó toda la información a unas tablas en Excel, donde se calculó el valor del PCI para cada unidad de muestra, donde se puede observar el estado del pavimento.

A continuación se muestra el cuadro N° 23, que resume el metrado de fallas. Como se puede ver el tipo de falla que más se presenta en la zona en estudio es la es "28", Grieta lineal, falla tipo "25 y 23" Escala y loa dividida, falla tipo "36" Desconchamiento, falla tipo "34" Punzonamiento y falla tipo "30" Parche pequeño. Por otro lado se observa que lo que existe en menor cantidad son las fallas "38, 39 y 29".

Cuadro N° 23. N° de fallas de pavimento rígido según su tipo

N° DE FALLA	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		
		BAJA	MEDIA	ALTA
21	BLOW UP / BUCKLING	0	0	0
22	GRIETA DE ESQUINA	0	0	0
23	LOSA DIVIDIDA	0	40	80
24	GRIETA DE DURABILIDAD	0	0	0
25	ESCALA	20	40	60
26	SELLO DE JUNTA	0	0	0
27	DESNIVEL CARRIL / BERMA	0	0	0
28	GRIETA LINEAL	50	60	90
29	PARCHE GRANDE	0	0	10
30	PARCHE PEQUEÑO	10	20	5
31	PULIMIENTO DE AGREGADO	0	0	0
32	POPOUTS	0	0	0
33	BOMBEO	0	0	0
34	PUNZONAMIENTO	0	15	20
35	CRUCE DE VIA FERREA	0	0	0
36	DESCONCHAMIENTO	20	60	30
37	REFRACCION	0	0	0
38	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA	0	5	20
39	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA	0	0	6

Fuente: Elaboración propia



**Formato óptimo de recolección de datos del pavimento flexible:**

La realización de las tablas de muestreo, se basa en la bibliografía usada, siendo la principal la norma ASTM D6433, está conformada por las 19 fallas que caracterizan a un pavimento rígido, su densidad en porcentaje, su severidad, y su valor de deducción. Este cuadro se realizó en hojas de cálculo de Excel, el trabajo fue de gabinete (ver cuadro N° 24 y 25).

Cuadro N° 24. Formato de hoja de inspección de pavimento asfáltico

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA									
ZONA			ABSCISA INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO			
CÓDIGO VÍA			ABSCISA FINAL			NÚMERO DE LOSAS			
INSPECCIONADA POR			FECHA						
No.	Daño		No.	Daño		No.	Daño		
21	Blow up / Buckling.		27	Desnivel Carril / Berma.		34	Punzonamiento.		
22	Grieta de esquina.		28	Grieta lineal.		35	Cruce de vía férrea		
23	Losa dividida.		29	Parqueo (grande).		36	Desconchamiento		
24	Grieta de durabilidad		30	Parqueo (pequeño)		37	Retracción		
25	Escala.		31	Pulimento de agregados		38	Descascaramiento de esquina		
26	Sello de junta.		32	Popouts		39	Descascaramiento de junta		
			33	Bombeo		Esquema			
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido					
									1
									2
									3
									4
									5
									6
									7
									8
									9
									10
							A	B	
q =			PCI =			CLASIFICACION =			



Fuente: ASTM D6433.

Cuadro N° 25: Formato de corrección de datos de CDV.

N/O	VALORES DEDUCIDOS					Total	q	CDV
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Fuente: ASTM D6433

### Trabajo de campo inspección y levantamiento de datos

Esta etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registrara en las tablas de muestreo ya adecuados para tal fin.

Realizamos el recorrido desde la progresiva 0+000 a 1 + 110, marcando los componentes y unidades de muestreo de la vía, además de anotar los tipos de falla encontrados, y su severidad.

Para el trabajo de campo es necesario contar con equipos y herramientas como son:

#### Equipos:

Cámara fotográfica y de video.

#### Herramientas:

- Fichas de inspección
- Wincha
- Regla o flexometro
- 2 Latas de pintura (roja: para los componentes, blanca, para las unidades de muestreo), con brocha.
- Estacas
- Yeso

#### Cálculo del PCI

Siendo el valor de deducción reducido a emplear de las metodologías ASTM D6433, hemos visto necesario el cálculo del mismo, y de esta forma obtener el valor del PCI,



y concluir en el resultado del diagnóstico final de la vía en estudio.

Para llegar al valor de deducción se hizo un análisis completo de la metodología PCI, realizando el siguiente procedimiento de cálculo:

a) **Cálculo de las Unidades de Muestreo:** Para el cálculo de las unidades de muestreo, 7m ancho de calzada máximo al que le corresponde una longitud de unidad de muestreo igual a 123m, existe en la vía zonas de pavimento rígido fallados y/o colapsado y en buen estado.

b) **Cálculo de los valores deducidos:**

Ya completada la inspección de campo, se procede al cálculo del PCI, el cual se basa en el cálculo de los valores deducidos.

El cálculo se realizó en las fichas realizadas en Hojas Excel, para un mejor desarrollo y obtención de resultados.

Totalizando cada tipo y nivel de severidad de daño se registró en las fichas, para así poder calcular su densidad individual de cada falla.

Aquí se muestra una de las 10 fichas realizadas como el ejemplo del procedimiento a seguir:

### **Determinación del índice de estado del pavimento**

Se explican los datos de campo obtenidos durante la inspección visual de fallas del pavimento rígido en el Jr. Malecón Alomia Robles (ver cuadro N° 26); así como el cálculo del índice de condición de pavimento de cada unidad de muestra analizada. Las fotografías de las principales fallas de las unidades de muestra del tramo 1, se encuentran detalladas en el anexo II panel fotográfico.



Cuadro N° 26. Resumen de clasificación del índice de condición de pavimentos

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CALIFICACIÓN
UM - 1	0	Fallado
UM - 2	0	Fallado
UM - 3	0	Fallado
UM - 4	3	Fallado
UM - 5	13	Muy malo
UM - 6	15	Muy malo
UM - 7	0	Fallado
UM - 8	13	Muy malo
UM - 9	3	Fallado
UM - 10	13	Muy malo

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra la forma de calcular los índices de condición de pavimento, se mostrara 2 muestras de análisis de las 10 muestras analizadas, de los cuales de opto la UM – 04, UM – 08

#### Unidad de muestra UM – 04:

La unidad de muestra U - 04 tiene 20 losas y pertenece a la cuadra 4 del Jr. Malecón Alomia Robles (ver cuadro N° 27).

No presenta cambios de sección entre las cuadra 1 al 10, dentro de su área con una sección de 7m, por lo que se le ha denominado sección 1 a dicha región de pavimento.



Cuadro N° 27. Hoja de inspección de la UM - 4

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA									
ZONA			ABSCISA INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO			
Huánuco			0 + 369			N° 04			
CÓDIGO VÍA			ABSCISA FINAL			NÚMERO DE LOSAS			
Vecinal - Urbana			0 + 492			20			
INSPECCIONADA POR					FECHA				
Jose Suarez					20/06/2017				
No.	Daño		No.	Daño		No.	Daño		
21	Blow up / Buckling.		27	Desnivel Carril / Berma.		34	Punzonamiento.		
22	Grieta de esquina.		28	Grieta lineal.		35	Cruce de vía férrea		
23	Losas divididas.		29	Parcheo (grande).		36	Desconchamiento		
24	Grieta de durabilidad		30	Parcheo (pequeño)		37	Retracción		
25	Escala.		31	Pulimento de agregados		38	Descascaramiento de esquina		
26	Sello de junta.		32	Popouts		39	Descascaramiento de junta		
			33	Bombeo		Esquema			
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido					
30	M	1	5.00%	2		30 M	25A		1
						28A	34A		
28	A	18	90.00%	60		28A 23	38A		2
						A	34M		
25	A	1	5.00%	8		28A	28A		3
34	A	1	5.00%	18		28A	28A		4
						29A	29A		
23	A	9	45.00%	72		28A	28A		5
						29A	29A		
38	A	1	5.00%	3		28A	28A		6
						29A	29A		
34	M	1	5.00%	9		23A	23A		7
						28A	28A		
29	A	6	30.00%	40		23A	23A		8
						28A	28A		
						23A	23A		9
						28A	28A		
						23A	23A		10
						28A	28A		
						A	B		

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 28 se muestra el cálculo de la densidad seda de la división del total

individual de cada falla entre el área total de la muestra en porcentaje.

Cuadro N° 28. Cálculo del PCI, UM - 4

Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido
30	M	1	5.00%	2
28	A	18	90.00%	60
25	A	1	5.00%	8

Fuente: Elaboración propia.

De las fichas de inspección obtenidas anteriormente se tiene el valor de la densidad que en nuestro caso es 90, para la falla o daño N° 28, con una severidad Alta (A o H), estos valores se identificaran en el gráfico N°11, de grieta lineal:

El valor deducido, se realizó el cálculo con las curvas denominadas "Valor deducido del daño", al igual que las hojas de cálculo, las cuales se presentan.

En la siguiente imagen se puede observar la forma de uso de los ábacos:

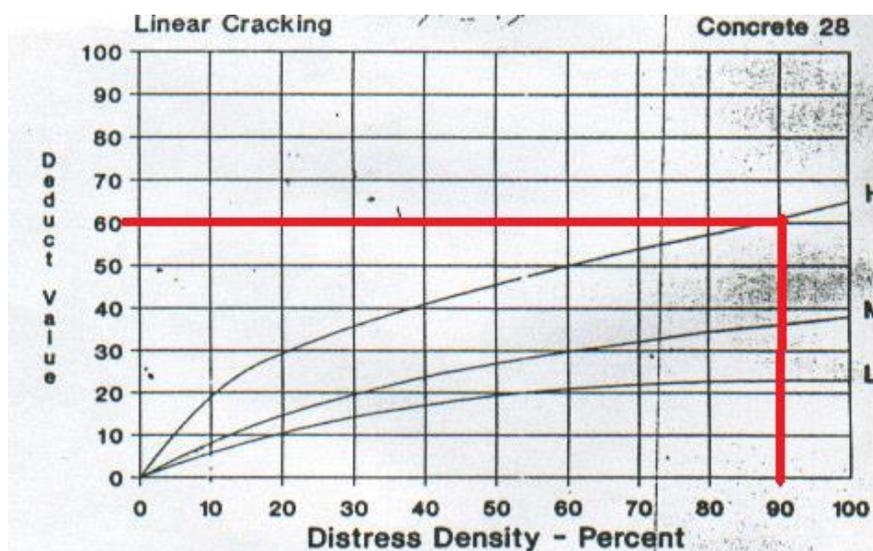


Gráfico N° 11: Análisis de la curva de falla de piel de cocodrilo

Fuente: Elaboración propia

Entonces el valor deducido será 60 para el tipo de falla N°28, de severidad media.

### Cálculo del PCI de la UM – 4

Cuadro N° 29. Hoja de cálculos corregidos de CDV, UM – 4.

N/O	VALORES DEDUCIDOS								Total	q	CDV
1	72	60	40	9	8	3	2		194	5	----
2	72	60	40	9	5	3	2		191	4	----
3	72	60	40	5	5	3	2		187	3	----
4	72	60	5	5	5	3	2		152	2	96
5	72	5	5	5	5	3	2		97	1	97

Fuente: Elaboración propia.

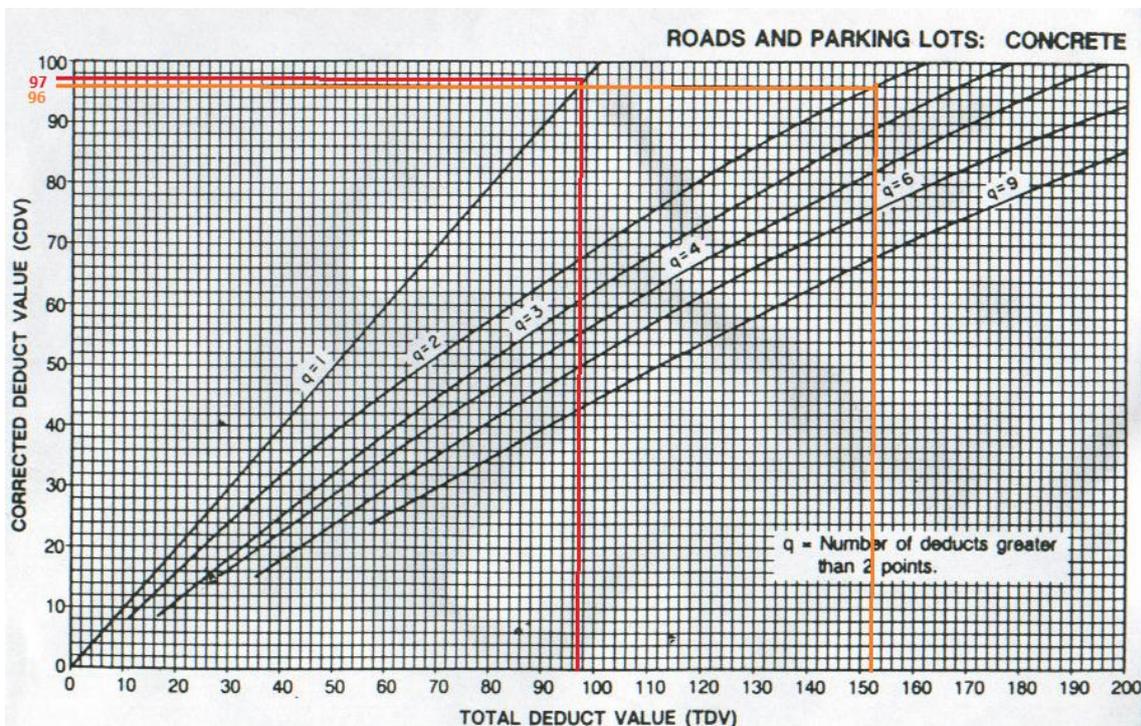


Gráfico N° 12. Abaco de corrección de CDV, UM – 4

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro N° 29 y del grafico N° 12, se obtiene los siguientes resultados:

Max CDV = 97

PCI = 3

Clasificación = Fallado



### Unidad de muestra UM - 08

La unidad de muestra U - 08 tiene 20 losas y pertenece a la cuadra 8 del Jr. Malecón Alomia Robles (ver cuadro N° 30).

No presenta cambios de sección entre las cuadra 1 al 10, dentro de su área con una sección de 7m, por lo que se le ha denominado sección 1 a dicha región de pavimento.

Cuadro N° 30. Hoja de inspección de la UM - 8

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA									
ZONA		ABSCISA INICIAL			UNIDAD DE MUESTREO				
Huánuco		0 + 861			N° 08				
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL			NÚMERO DE LOSAS				
Vecinal - Urbana		0 + 984			20				
INSPECCIONADA POR					FECHA				
Jose Suarez					20/06/2017				
No.	Daño		No.	Daño		No.	Daño		
21	Blow up / Buckling.		27	Desnivel Carril / Berma.		34	Punzonamiento.		
22	Grieta de esquina.		28	Grieta lineal.		35	Cruce de vía férrea		
23	Losa dividida.		29	Parcheo (grande).		36	Desconchamiento		
24	Grieta de durabilidad		30	Parcheo (pequeño)		37	Retracción		
25	Escala.		31	Pulimento de agregados		38	Descascaramiento de esquina		
26	Sello de junta.		32	Popouts		39	Descascaramiento de junta		
			33	Bombeo					
Esquema									
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido					
23	A	6	30.00%	60		23A	24A	1	
						28A	28A		
						25A	25A		
28	A	6	30.00%	36		23A	24A	2	
						28A	28A		
						25A	25A		
25	A	6	30.00%	40		23A	24A	3	
						28A	28A		
						25A	25A		
23	M	14	70.00%	66		23M	23M	4	
						28M	28M		
						25M	25M		
28	M	14	70.00%	32		23M	23M	5	
						28M	28M		
						25M	25M		
25	M	14	70.00%	48		23M	23M	6	
						28M	28M		
						25M	25M		
						23M	23M	7	
						28M	28M		
						25M	25M		
						23M	23M	8	
						28M	28M		
						25M	25M		
						23M	23M	9	
						28M	28M		
						25M	25M		
						23M	23M	10	
						28M	28M		
						25M	25M		
						A	B		

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N° 31, se muestra el cálculo de la densidad, seda de la división del total individual de cada falla entre el área total de la muestra en porcentaje.

Cuadro N° 31. Cálculo del PCI, UM – 8

Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido
23	A	6	30.00%	60
28	A	6	30.00%	36
25	A	6	30.00%	40

Fuente: Elaboración propia

De las fichas de inspección obtenidas anteriormente se tiene el valor de la densidad que en nuestro caso es 30, para la falla o daño N° 23, con una severidad Alta (A o H), estos valores se identificaran en el gráfico N°13, de losa dividida:

El valor deducido, se realizó el cálculo con las curvas denominadas "Valor deducido del daño", al igual que las hojas de cálculo, las cuales se presentan.

En la siguiente imagen se puede observar la forma de uso de los ábacos:



Gráfico N° 13. Análisis de la curva de falla de ahuellamiento.

Fuente: Elaboración propia



Entonces el valor deducido será 60 para el tipo de falla N°23 de severidad alta.

Después de obtener todos los valores de las fallas individuales tendremos el total de valores deducidos por cada unidad de muestra:

### Cálculo del PCI de la UM – 8

Cuadro N° 32. Hoja de cálculos corregidos de CDV, UM – 8.

N/O	VALORES DEDUCIDOS							Total	q	CDV
1	66	60	48	40	36	32		282	6	--
2	66	60	48	40	36	5		255	5	--
3	66	60	48	40	5			219	4	--
4	66	60	48	5				179	3	--
5	66	60	5					131	2	87
6	66	5						71	1	71

Fuente: Elaboración propia.

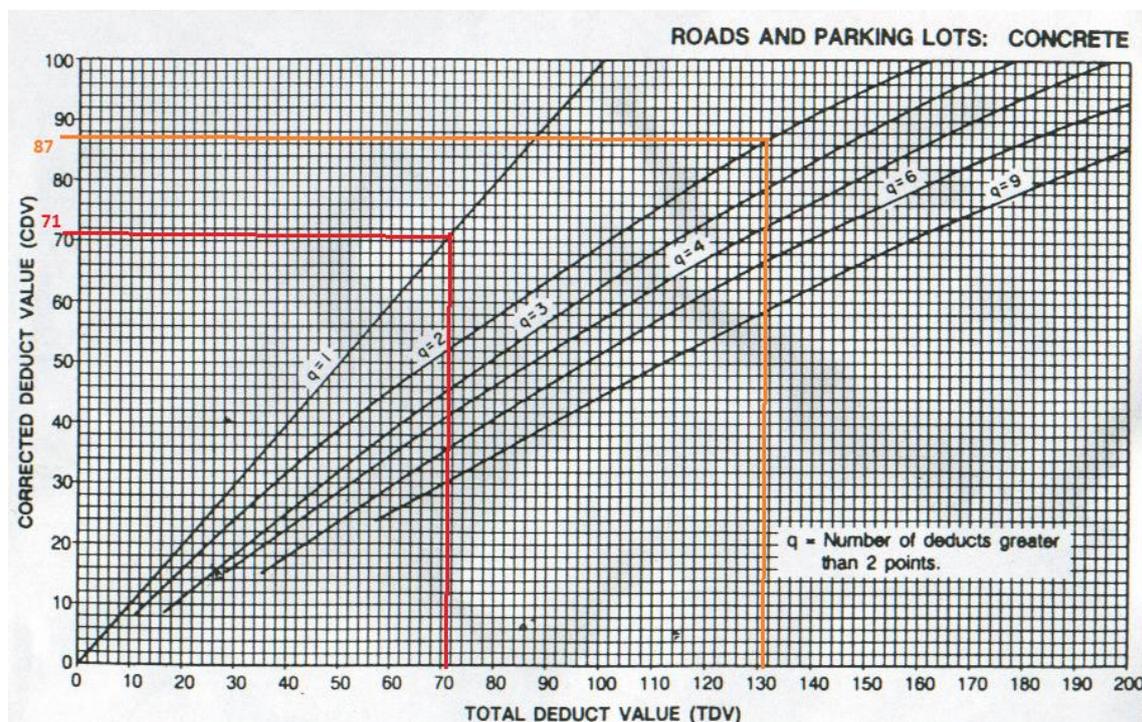


Gráfico N° 14: Abaco de corrección de CDV, UM – 8

Fuente: Elaboración propia



Del cuadro N° 32 y del gráfico N° 14, se obtiene los siguientes resultados:

Max CDV = 87

PCI = 13

Clasificación = Muy malo

### 4.3 Resultados obtenidos por número de fallas según tipo

De ahí se pudieron obtener los siguientes resultados:

Cuadro N° 33. Resumen de fallas encontradas en la pista del Jr. Malecón Alomia Robles.

N° DE FALLA	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD			TOTAL
		BAJA	MEDIA	ALTA	
23	LOSA DIVIDIDA	0	40	80	120
25	ESCALA	20	40	60	120
28	GRIETA LINEAL	50	60	90	200
29	PARCHE GRANDE	0	0	10	10
30	PARCHE PEQUEÑO	10	20	5	35
34	PUNZONAMIENTO	0	15	20	35
36	DESCONCHAMIENTO	20	60	30	110
38	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA	0	5	20	25
39	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA	0	0	6	6

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro N° 33, estos resultados nos dan un total de 661 de losas de fallas en todo el recorrido de la vía del Jr. Malecón Alomia Robles, las fallas que se presentan en mayor cantidad son: Grieta lineal, Escala, losa dividida, Desconchamiento, con 200, 120, 120 y 110 losas respectivamente.

### Resultados obtenidos por tipo de falla y severidad:

Podemos obtener que según la severidad de la falla, el grado de severidad que existe en mayor cantidad es la severidad media.

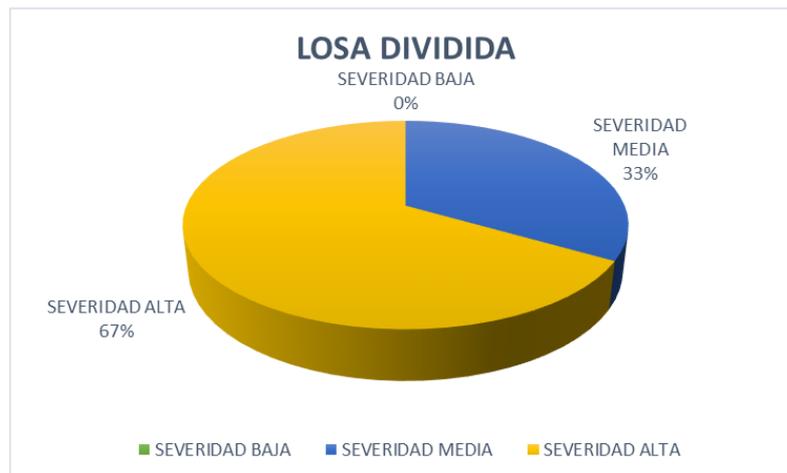


Gráfico N° 15. Análisis de la falla de piel de cocodrilo en toda la calle de Jr. Malecón Alomia Robles  
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 15, se muestra la falla de losa dividida, por ende la severidad alta tiene un 67% del total de la falla de losa dividida en todo el Jr. Malecón Alomia Robles.

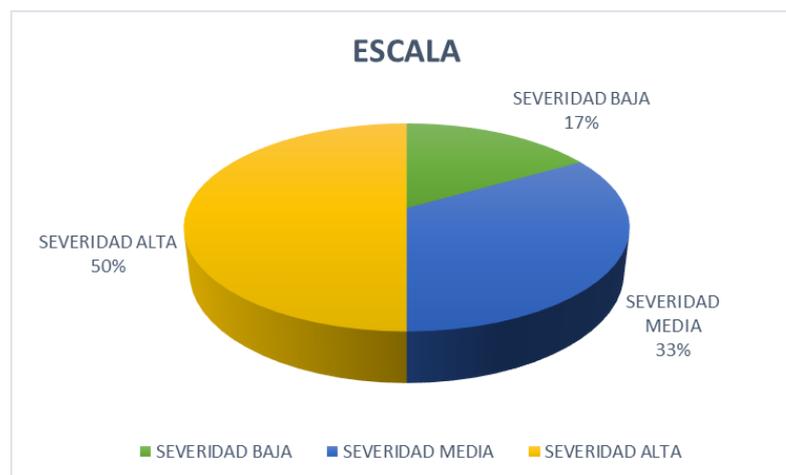


Gráfico N° 16. Análisis de la falla de agrietamiento en bloque en toda la calle de Jr. Malecón Alomia Robles.  
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 16, se muestra la falla de escala, por lo tanto la severidad alta se le considera un 50% del total de la falla de escala en todo el Jr. Malecón Alomia Robles.

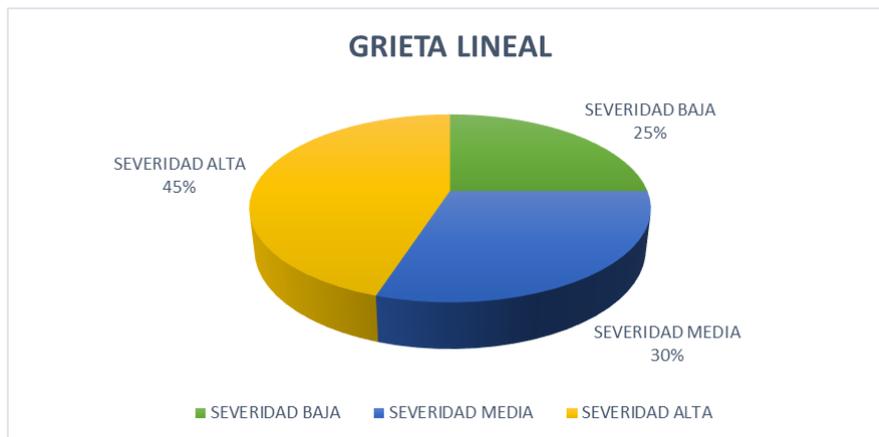


Gráfico N° 17. Análisis de la falla de depresión en toda la calle de Jr. Malecón Alomia Robles  
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 17, se muestra la falla de grieta lineal, considerándose como severidad alta un 45% del total de la falla de grieta lineal en todo el Jr. Malecón Alomia Robles.

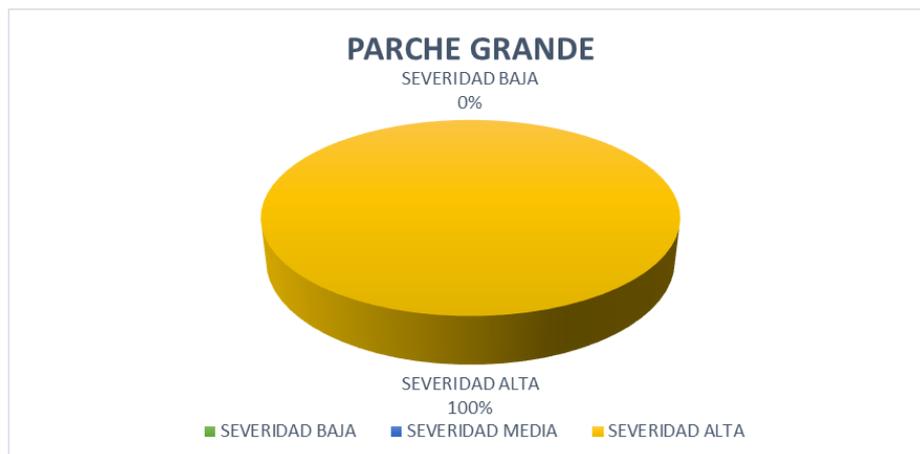


Gráfico N° 18. Análisis de la falla de grieta de borde en toda la calle de Jr. Malecón Alomia Robles.  
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°18, se muestra la falla de parche grande, cuya severidad alta tiene un 100% del total de la falla de parche grande en todo el Jr. Malecón Alomia Robles.



Gráfico N° 19. Análisis de la falla de grieta longitudinal y transversal en toda la calle de Jr. Malecón Alomia Robles.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 19, se muestra la falla de parche pequeño, de lo cual se puede deducir como severidad alta un 57%, del total de la falla de parche pequeño en todo el Jr. Malecón Alomia Robles.



Gráfico N° 20. Análisis de la falla de punzonamiento en toda la calle de Jr. Malecón Alomia Robles.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 20, se muestra la falla de punzonamiento, cuya severidad alta tiene un 57% del total de la falla de punzonamiento en todo el Jr. Malecón Alomia Robles.

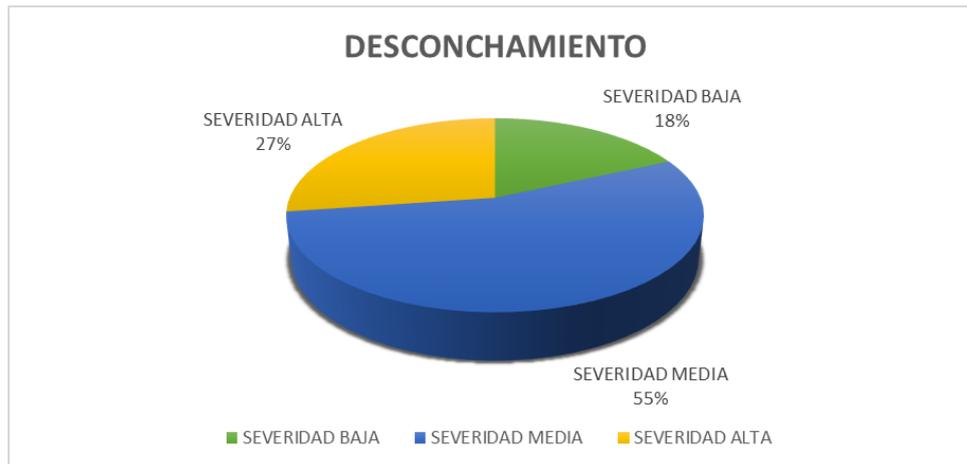


Gráfico N° 21. Análisis de la falla de Huecos en toda la calle de Jr. Malecón Alomia Robles

Fuente: elaboración propia

En el gráfico N° 21, se muestra la falla de desconchamiento, por lo tanto la severidad media tiene un 55% del total de la falla de desconchamiento en todo el Jr. Malecón Alomia Robles.



Gráfico N° 22. Análisis de la falla de ahuellamiento en toda la calle de Jr. Malecón Alomia Robles.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 22, se muestra la falla de descascaramiento de esquina, por ende la severidad alta tiene un 80% del total de la falla de descascaramiento de esquina en todo el Jr. Malecón Alomia Robles.

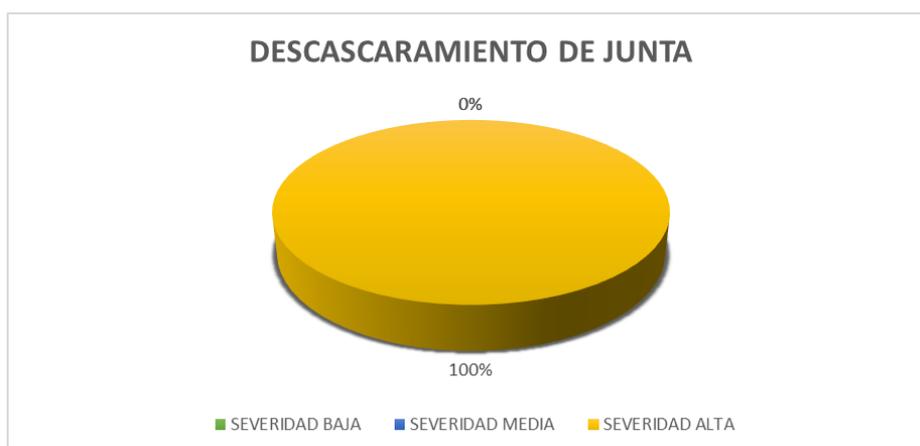


Gráfico N° 23. Análisis de la falla de desprendimiento de agregados en toda la calle de Jr. Malecón Alomia Robles.

Fuente: elaboración propia

En el gráfico N°23, se muestra la falla de descascaramiento de junta, deduciéndose como severidad alta un 100% del total de la falla de descascaramiento de junta en todo el Jr. Malecón Alomia Robles.

### Resultados obtenidos por el tipo de fallas existentes:

Finalmente en el cuadro siguiente se pueden obtener solo las fallas existentes en la vía en estudio, como son:

Cuadro N° 34. Resumen de los tipos de falla de acuerdo a su severidad

N° DE FALLA	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD			TOTAL
		BAJA	MEDIA	ALTA	
23	LOSA DIVIDIDA	0	40	80	120
25	ESCALA	20	40	60	120
28	GRIETA LINEAL	50	60	90	200
29	PARCHE GRANDE	0	0	10	10
30	PARCHE PEQUEÑO	10	20	5	35
34	PUNZONAMIENTO	0	15	20	35
36	DESCONCHAMIENTO	20	60	30	110
38	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA	0	5	20	25
39	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA	0	0	6	6

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N° 24, basado en el cuadro N° 34, se puede obtener como severidad baja del total de la pista del Jr. Malecón Alomia Robles, donde los tipos de falla más representativos al 50% grieta lineal, 20% escala, 20% desconchamiento y 10% parche pequeño.

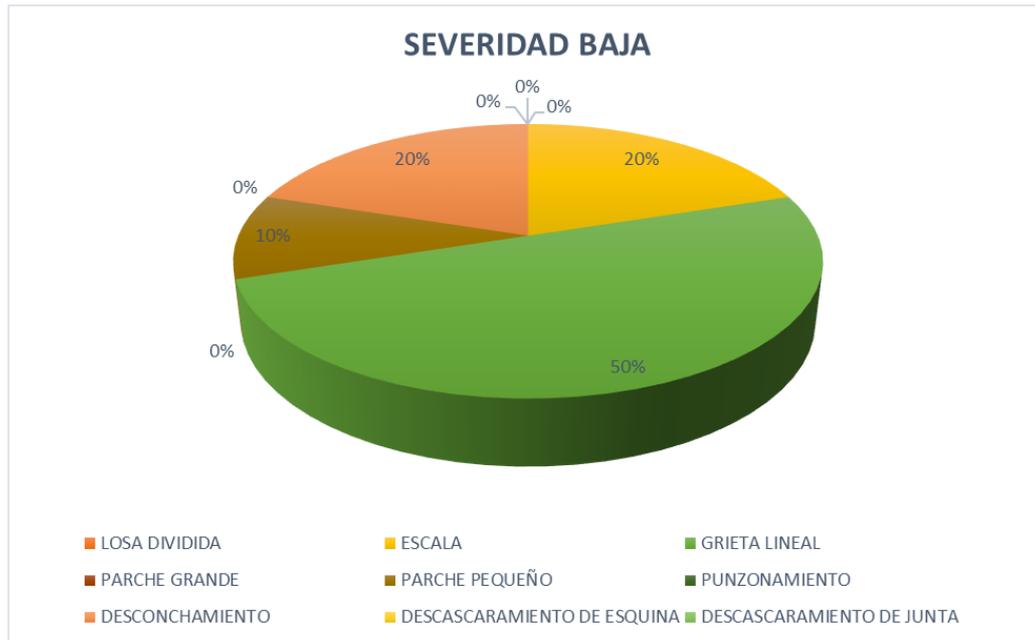


Gráfico N° 24. Análisis de la severidad baja, con los tipos de falla  
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 25, basado en el cuadro N° 34, se puede obtener como severidad media del total de la pista del Jr. Malecón Alomia Robles, donde los tipos de falla más representativos al 30% desconchamiento, 25% grieta lineal, 25% losa dividid y 11% de escala.

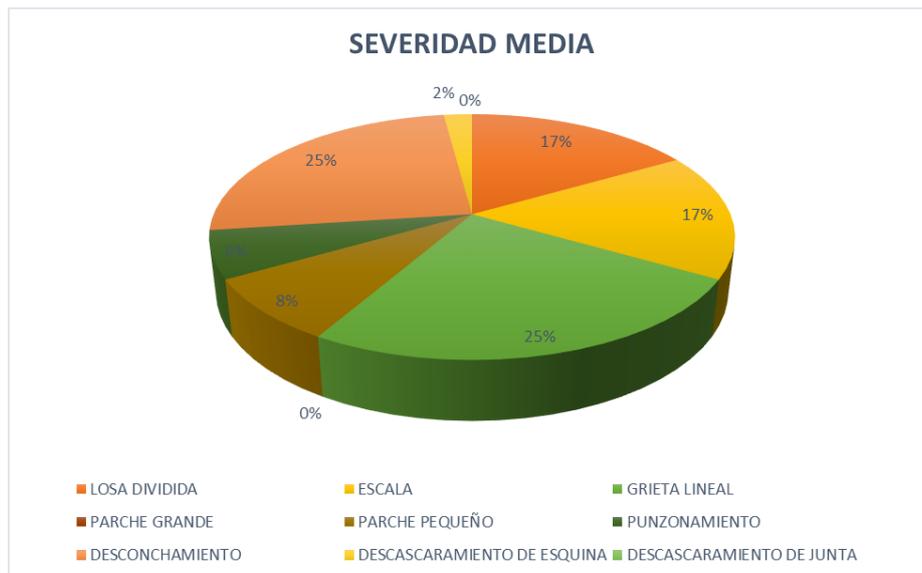


Gráfico N° 25. Análisis de la severidad media, con los tipos de falla.  
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N° 26, basado en el cuadro N°34, se puede obtener como severidad alta del total de la pista del Jr. Malecón Alomia Robles, donde los tipos de falla más representativos al 25% grieta lineal y 25% desconchamiento.

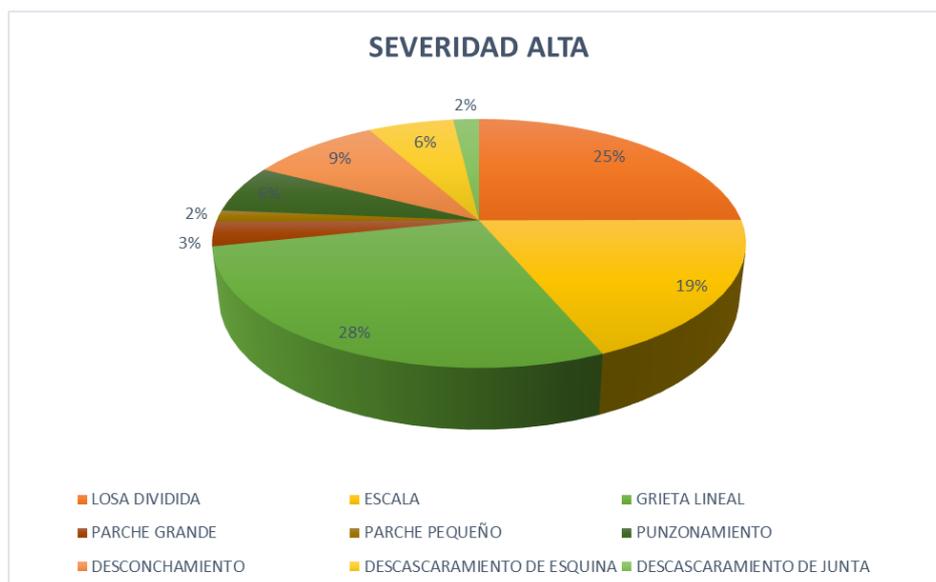


Gráfico N° 26. Análisis de la severidad alta, con los tipos de falla.  
Fuente: Elaboración propia



En el gráfico N° 27, basado en el cuadro N°34, se puede obtener como total de la pista del Jr. Malecón Alomia Robles, donde los tipos de falla más representativos al 28% grieta lineal, 25% losa dividida y 19% escala.

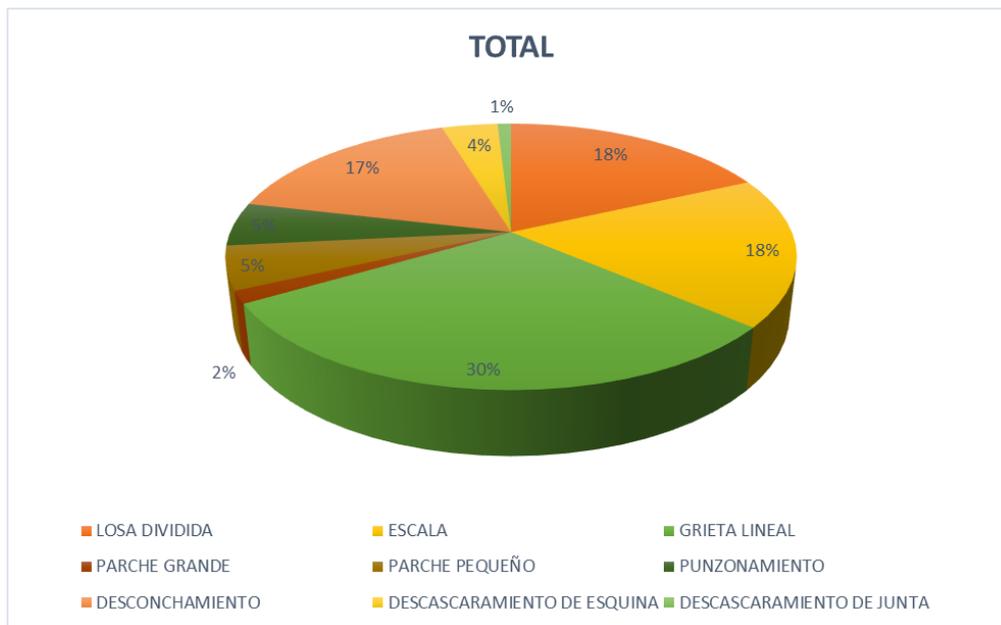


Gráfico N° 27. Análisis de la con los tipos de falla más representativos.

Fuente: Elaboración propia



#### 4.4 Alternativa de solución según el ASTM D6433 y el MTC.

##### Alternativa de solución según el ASTM D6433:

Cuadro N° 35. Resumen de las fallas de acuerdo a la unidad de muestra

UNIDAD DE MUESTRA	PCI	CALIFICACIÓN
UM - 1	0	Fallado
UM - 2	0	Fallado
UM - 3	0	Fallado
UM - 4	3	Fallado
UM - 5	13	Muy malo
UM - 6	15	Muy malo
UM - 7	0	Fallado
UM - 8	13	Muy malo
UM - 9	3	Fallado
UM - 10	13	Muy malo

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro N° 35, si se saca el promedio de las clasificaciones por el método del PCI se clasifica como fallado, lo cual que la pista ha fallado y necesita una reconstrucción de la pista del Jr. Malecón Alomia Robles.

#### 4.5 Estructura del pavimento rígido mediante el método del AASHTO 93

##### Datos de los materiales

- Resistencia a la compresión:

Cuadro N° 36: Valores recomendados de resistencia del concreto según rango de tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
> 15'000,000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Manual de suelos y pavimentos del MTC.

Dónde: la resistencia es 280 kg/cm<sup>2</sup>

$$f'c = 280 \times 14.22 = 3981 \text{ psi}$$

- *Módulo de elasticidad del concreto:*

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

$$E_c = 3576948.7 \text{ psi}$$

- *Módulo de rotura S'c:*

$$S'c = 40 \times 14.22 = 568.8 \text{ psi}$$

- *Módulo elástico de la sub base - cbr: 27% ( psi )*

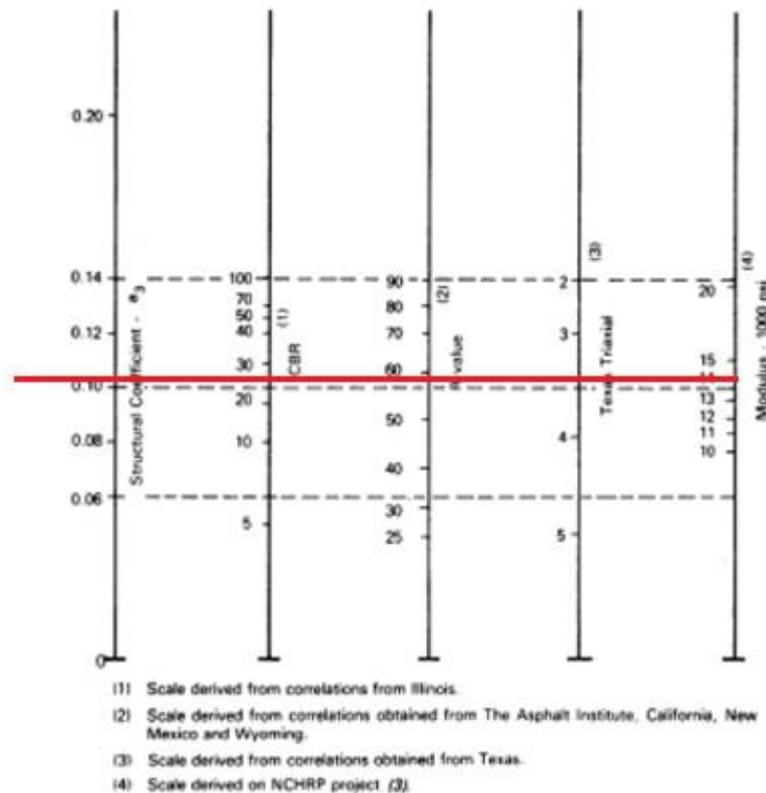


Gráfico N° 28: Variación de coeficiente de capa de sub base granular

Fuente: AASTHO 93



Modulo de la sub base : 14000 psi

**Datos de tráfico y otras propiedades de la subrasante**

- Numero de ejes equivalentes total ( W 18 )

Ejes Equivalentes:  $1.7 \times 10^6$  EE

- Factor de confiabilidad ( R )

FUNCTIONAL CLASSIFICATION	RECOMMENDED LEVEL OF RELIABILITY	
	URBAN	RURAL
INTERSTATE, FREEWAYS	85 - 99.9	80 - 99.9
PRINCIPAL ARTERIES	80 - 99	75 - 95
COLLECTORS	80 - 95	75 - 95
LOCAL	50 - 80	50 - 80

Gráfico N° 29: grado de confiabilidad del diseño

Fuente: AASTHO 93

R = 90%

- Estándar normal desviante ( Zr )

Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal Zr
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.9	-3.750

Gráfico N° 30: Valores de desviación estándar normal (Zr)

Fuente: AASTHO 93

$Z_r = -1.282$

- Overall estándar desviation (  $S_o$  )

Confiabilidad en los datos de tráfico

$S_o = 0.35$ , gran confiabilidad

- *Modulo efectivo de reacción de la Subrasante- k.*

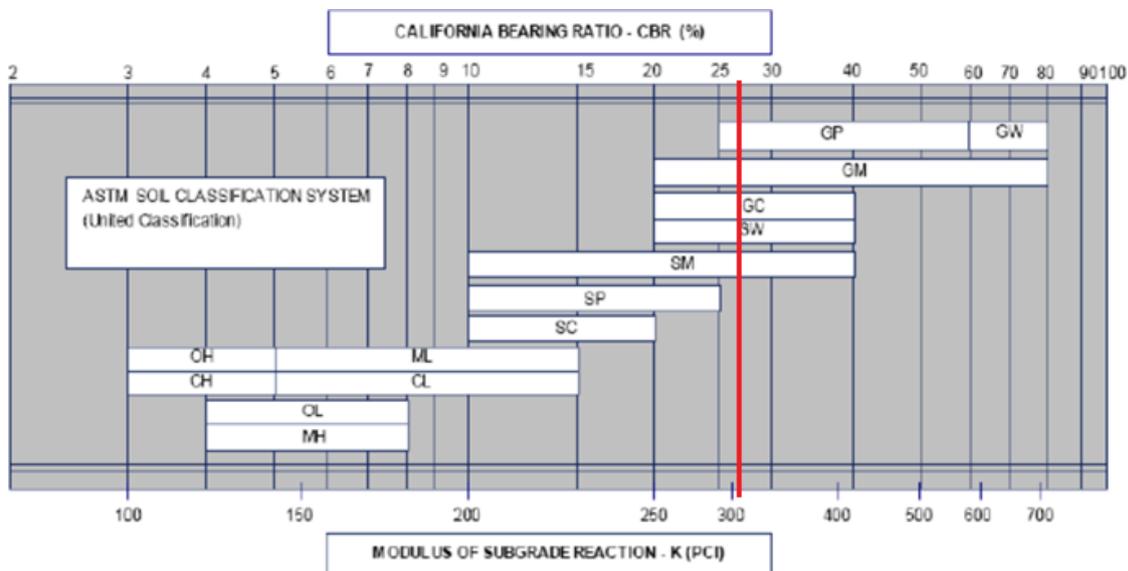


Gráfico N° 31: correlación de CBR y módulo de reacción de la sub rasante.

Fuente: AASTHO 93

Reacción K (pci)= 305

- *Módulo resiliente de subrasante  $M_r$  (ksi)*

$$M_R (psi) = 2555 \times CBR^{0.65}$$

$M_R = 21765.9$  psi

- *Serviciabilidad inicial (  $p_i$  )*

$P_i = 4.5$



- *Serviciabilidad final ( pt )*

Pt = 2.5

- *Periodo de diseño (años)*  
20 años

**Datos de estructuración del pavimento**

- *Coefficiente de transferencia de carga ( j )*

Según AASHTO = 3.2

- *Coefficiente de drenaje ( cd )*

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos 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

*Coefficiente de drenaje en relación al Porcentaje de tiempo que el pavimento está sometido a niveles de saturación y la calidad de drenaje*

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mucho mas de 10 horas

Gráfico N° 32: Valores de calidad de drenaje para el diseño

Fuente: AASTHO 93

Son 3 meses de invierno que es el 25% de drenaje al año



Cuadro N° 37: Diseño de la estructura del pavimento rígido, según AASHTO 93

<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO - SECCION HOMOGENEA N° 01</b>	
<b>METODO AASHTO 1993</b>	
<b>20 AÑOS</b>	
<b>PROYECTO :</b> jr. Malecon Alomia Robles	<b>TRAMO :</b> 0 + 000 - 1 + 110
<b>SECCION :</b>	<b>FECHA :</b> 10/07/2017
<b>1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES</b>	
A. RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO $f_c$ ( psi )	3,981
B. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO $E_c$ ( psi )	3,596,424
C. MODULO DE ROTURA $S_c$ ( psi )	569
D. MODULO ELASTICO DE LA SUB BASE - CBR: 27% ( psi )	14,000
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y OTRAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>	
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL ( W 18 )	<b>3.70E+06</b>
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD ( R )	90%
ESTÁNDAR NORMAL DESVIATE ( $Z_r$ )	-1.282
OVERALL ESTÁNDAR DESVIATION ( $S_o$ )	0.35
C. MODULO EFECTIVO DE REACCION DE LA SUBRASANTE- K ( pci )	<b>305.0</b>
MODULO RESILIENTE DE SUBRASANTE $M_r$ (Ksi)	<b>21.766</b>
D. SERVICIABILIDAD INICIAL ( $p_i$ )	4.5
E. SERVICIABILIDAD FINAL ( $p_f$ )	2.5
F. PERIODO DE DISEÑO (años)	20
<b>3. ESTRUCTURACION DEL PAVIMENTO</b>	
A. COEFICIENTES DE CARGA Y DE DRENAJE	
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA ( J )	3.2
COEFICIENTE DE DRENAJE ( $C_d$ )	1.00
COEFICIENTE DE PERDIDA DE SOPORTE DE LA SUB BASE (LS)	2.00
B. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	
ESPESOR DE LA SUB BASE GRANULAR, centímetros	<b>20.0</b>
ESPESOR DE LOSA ( D ), centímetros	<b>23.0</b>

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Pavimento		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)	
<input type="radio"/> Pavimento flexible	<input checked="" type="radio"/> Pavimento rígido	90 % Zr=-1.282	So = 0.35
Serviciabilidad inicial y final		Módulo de reacción de la subrasante	
PSI inicial = 4.5	PSI final = 2.5	k = 305 pci	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	3576948.7	Coeficiente de transmisión de carga - (J)	3.2
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	568.8	Coeficiente de drenaje - (Cd)	1
Tipo de Análisis		Espesor de losa (plg)	
<input checked="" type="radio"/> Calcular D	W18 = 3700000	D =	8.8
<input type="radio"/> Calcular W18			
Calcular		Salir	

Figura N° 41: Programa para diseño de pavimento rígido según AASHTO 93

Fuente: Elaboración propia

### Comentario del método AASHTO 93:

En esta metodología de diseño para pavimentos rígidos se establece de igual forma que el diseño para pavimentos flexibles, la determinación de una estructura de pavimento en este caso con concreto hidráulico que soporte un número determinado de ejes equivalente manteniendo unas condiciones de serviciabilidad, con unos materiales de características específicas. Para el desarrollo de esta metodología se tienen en cuenta los siguientes parámetros: la desviación estándar ( $S_o = 0.35$ ), la confiabilidad (90%), Índice de serviciabilidad ( $\Delta P_{si} = 2$ ), el módulo resiliente de la Subrasante, el número de ejes equivalentes, el módulo de rotura ( $M_r = 40 \text{ kg/cm}^2$ ) y un coeficiente de correlación según las propiedades de la Sub Base, Contemplados estos parámetros y siguiendo la metodología de diseño se obtiene en el cuadro N°38.



Cuadro N° 38: Diseño por método AASHTO 93

Concreto Hidraulico 23 cm

Sub base granular 20 cm

Fuente Elaboración propia

#### 4.6 Estructura del pavimento rígido mediante el método del PCA

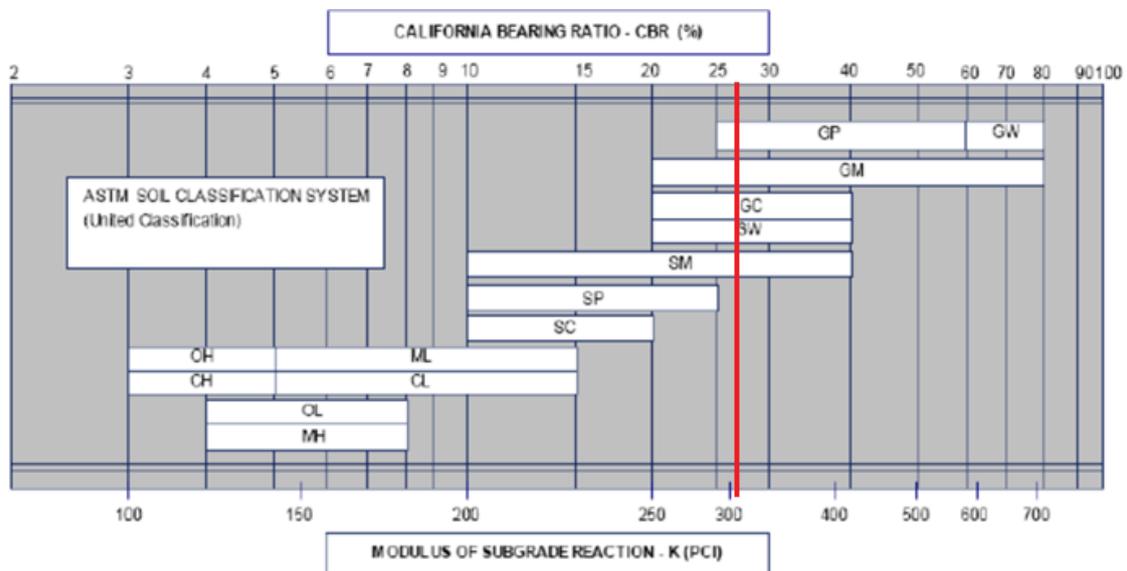


Gráfico N° 33: correlación de CBR y módulo de reacción de la sub rasante.

Reacción K (pci)= 305

Cuadro N° 39: valores de K, para subbase no tratadas

Valor k de la Subrasante pci	Valor k de la Subbase, pci			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430
305	X			

Fuente: manual del PCA

Se toma como espesor de la sub base de 9 pulgadas con 305 del valor de la reacción de la subrasante.

X = 375 pci

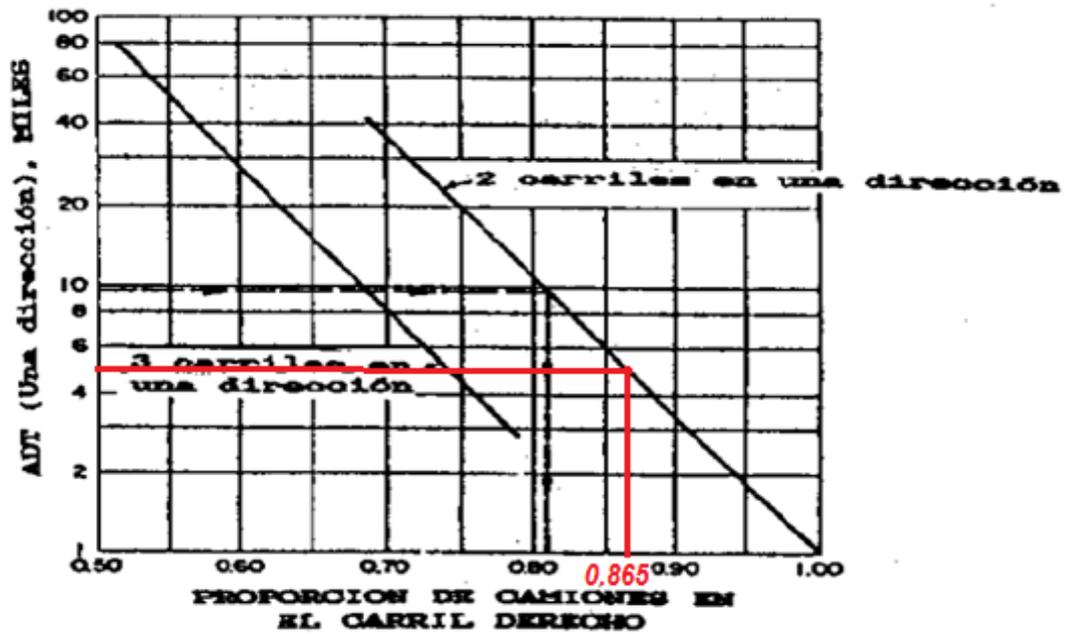


Gráfico N° 34: proporción de camiones en el carril derecho

Fuente: manual del PCA

Proporción de camiones de carril derecho: 0.865



Cuadro N° 40: esfuerzo equivalente (eje simple / eje tándem)

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	825/679	726/585	671/542	634/516	584/486	523/457	484/443
4.5	699/586	616/500	571/460	540/435	498/406	448/378	417/363
5	602/516	531/436	493/399	467/376	432/349	390/321	363/307
5.5	526/461	464/387	431/353	409/331	379/305	343/278	320/264
6	465/416	411/348	382/316	362/296	336/271	304/246	285/232
6.5	417/380	367/317	341/286	324/267	300/244	273/220	256/207
7	375/349	331/290	307/262	292/244	271/222	246/199	231/186
7.5	340/323	300/268	279/241	265/224	246/203	224/181	210/169
8	311/300	274/249	255/223	242/208	225/188	205/167	192/155
8.5	285/281	252/232	234/208	222/193	206/174	188/154	177/143
9	264/264	232/218	216/195	205/181	190/163	174/144	163/133
9.5	245/248	215/205	200/183	190/170	176/153	161/134	151/124
10	228/235	200/193	186/173	177/160	164/144	150/126	141/117
10.5	213/222	187/183	174/164	165/151	153/136	140/119	132/110
11	200/211	175/174	163/155	154/143	144/129	131/113	123/104
11.5	188/201	165/165	153/148	145/136	135/122	123/107	116/98
12	177/192	155/158	144/141	137/130	127/116	116/102	109/93
12.5	168/183	147/151	136/135	129/124	120/111	109/97	103/89
13	159/176	139/144	129/129	122/119	113/106	103/93	97/85
13.5	152/168	132/138	122/123	116/114	107/102	98/89	92/81
14	144/162	125/133	116/118	110/109	102/98	93/85	88/78

Fuente: manual del PCA

Interpolando ejes para un K de 375 pci.

EJES SIMPLES			
Yo =	246	Yo =	2.87
Y1 =	224	Y1 =	2.86
X =	375	X =	375
Xo =	300	Xo =	300
X1 =	500	X1 =	500
<b>Yx =</b>	<b>237.75</b>	<b>Yx =</b>	<b>2.866</b>



Cuadro N° 41: Factor de erosión – juntas con dowels (eje simple / eje tándem)

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.74/3.83	3.73/3.79	3.72/3.75	3.71/3.73	3.70/3.70	3.68/3.67
4.5	3.59/3.70	3.57/3.65	3.56/3.61	3.55/3.58	3.54/3.55	3.52/3.53
5	3.45/3.58	3.43/3.52	3.42/3.48	3.41/3.45	3.40/3.42	3.38/3.40
5.5	3.33/3.47	3.31/3.41	3.29/3.36	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
6	3.22/3.38	3.19/3.31	3.18/3.26	3.17/3.23	3.15/3.20	3.14/3.17
6.5	3.11/3.29	3.09/3.22	3.07/3.16	3.06/3.13	3.05/3.10	3.03/3.07
7	3.02/3.21	2.99/3.14	2.97/3.08	2.96/3.05	2.95/3.01	2.94/2.98
7.5	2.93/3.14	2.91/3.06	2.88/3.00	2.87/2.97	2.86/2.93	2.84/2.90
8	2.85/3.07	2.82/2.99	2.80/2.93	2.79/2.89	2.77/2.85	2.76/2.82
8.5	2.77/3.01	2.74/2.93	2.72/2.86	2.71/2.82	2.69/2.78	2.68/2.75
9	2.70/2.96	2.67/2.87	2.65/2.80	2.63/2.76	2.62/2.71	2.61/2.68
9.5	2.63/2.90	2.60/2.81	2.58/2.74	2.56/2.70	2.55/2.65	2.54/2.62
10	2.56/2.85	2.54/2.76	2.51/2.68	2.50/2.64	2.48/2.59	2.47/2.56
10.5	2.50/2.81	2.47/2.71	2.45/2.63	2.44/2.59	2.42/2.54	2.41/2.51
11	2.44/2.76	2.42/2.67	2.39/2.58	2.38/2.54	2.36/2.49	2.35/2.45
11.5	2.38/2.72	2.36/2.62	2.33/2.54	2.32/2.49	2.30/2.44	2.29/2.40
12	2.33/2.68	2.30/2.58	2.28/2.49	2.26/2.44	2.25/2.39	2.23/2.36
12.5	2.28/2.64	2.25/2.54	2.23/2.45	2.21/2.40	2.19/2.35	2.18/2.31
13	2.23/2.61	2.20/2.50	2.18/2.41	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.27
13.5	2.18/2.57	2.15/2.47	2.13/2.37	2.11/2.32	2.09/2.26	2.08/2.23
14	2.13/2.54	2.11/2.43	2.08/2.34	2.07/2.29	2.05/2.23	2.03/2.19

Fuente: manual del PCA

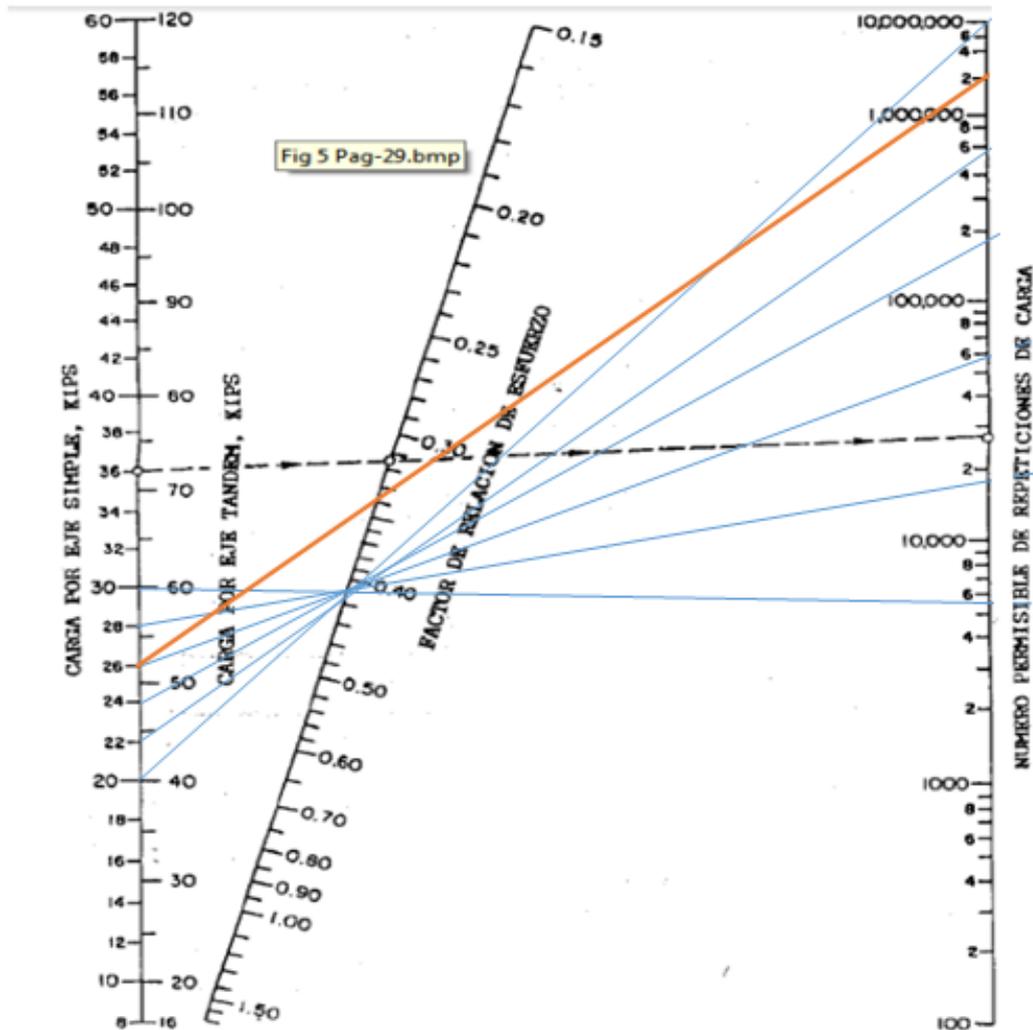
Interpolando ejes para un K de 375 pci.

EJES TANDEM			
Yo =	203	Yo =	2.97
Y1 =	181	Y1 =	2.93
X =	375	X =	375
Xo =	300	Xo =	300
X1 =	500	X1 =	500
<b>Yx =</b>	<b>194.75</b>	<b>Yx =</b>	<b>2.955</b>



Gráfico N° 35: Análisis por fatiga

Fuente: elaboración propia



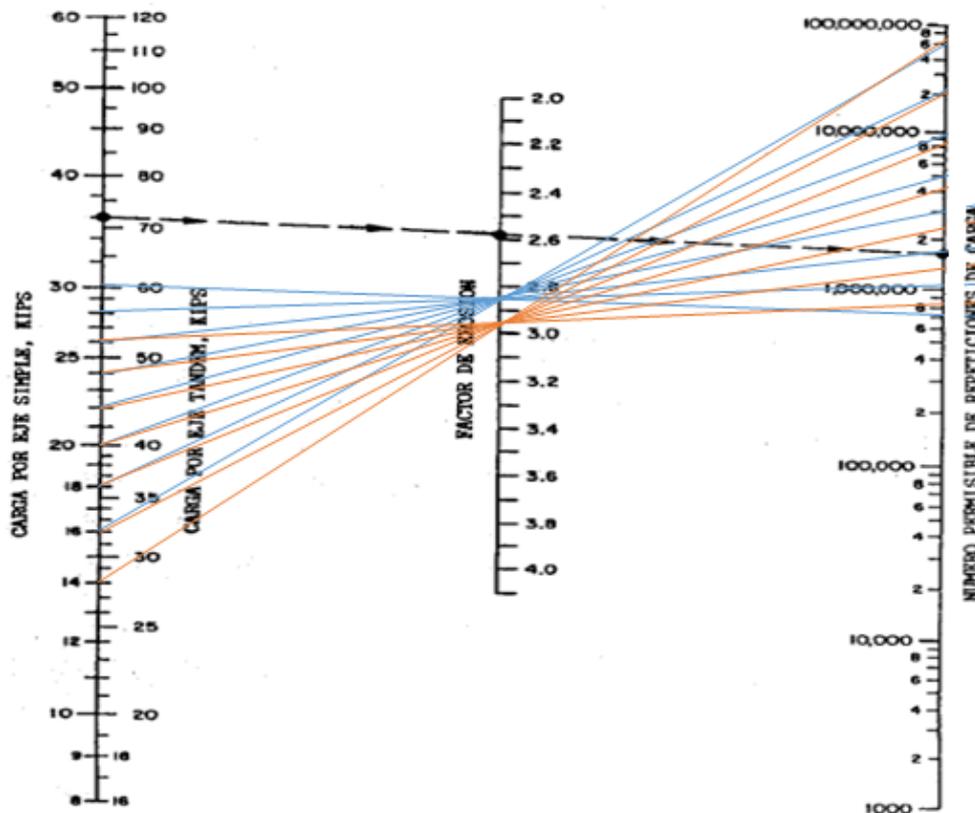


Gráfico N° 36: Análisis por erosión

Fuente: elaboración propia

### Comentario del método PCA:

En esta metodología de diseño para el pavimento rígido, las variables que se tienen en cuenta para el desarrollo de esta metodología son Modulo de rotura del concreto (40 kg/cm<sup>2</sup>), el K combinado de la Subrasante con la Sub Base (375 pci), el criterio de dovelas y bermas (con dovelas y sin bermas), la carga por eje y las repeticiones esperadas, desarrollada la metodología de diseño contemplando estos parámetros se obtiene el dimensionamiento expresado en el cuadro N°43.

Cuadro N° 43: Diseño por método AASHTO 93

Concreto Hidráulico 20 cm

Sub base granular 23 cm

Fuente: Elaboración propia

**CAPITO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## Conclusiones:

- Realizados los diseños de las estructuras de pavimento, para los dos métodos, se encontró, que cada una contempla diferentes parámetros generando una variación en los dimensionamientos finales, en general se observó que las metodologías contemplaban cuatro parámetros fundamentales, tal como lo es el tránsito, la resistencia al corte del suelo de soporte, las propiedades de los materiales que constituyen la estructura de pavimento y para el caso de pavimentos rígidos la consideración del uso de dovelas y bermas dentro del diseño.
- Al analizar el estado en que se encuentra la pista de pavimento rígido del Jr. Malecón Alomia Robles, el mismo que consta de 10 cuadras donde de la 1 al 10 es de una sección de 7 m. Se inspeccionaron el 100 % de la pista con un total de 10 unidades de muestra.

De los 19 tipos de fallas del ASTM D6433 se encontraron 9 tipos de fallas con su respectiva severidad, alta, media y baja (ver cuadro N° 33), se analizaron los tipos de fallas de acuerdo a sus severidades, siendo el más representativo o el que incide mas es la severidad baja de grieta lineal con 200 losas de falla del pavimento rígido, le sigue 120 losas de losa dividida y 120 losas de falla en escala (ver gráfico del N°15 al N°23).

- Según el ASTM D6433 el promedio del PCI nos da un valor de 6 cuya clasificación es que ha fallado el pavimento, pero en el análisis de las muestras de la cuadra 1 a la 10, el pavimento rígido ha fallado y necesita una reconstrucción, con un nuevo diseño de la estructura del pavimento.



- Ambos métodos de acuerdo a su metodología nos resulta cierto espesores de su estructura del pavimento, en la comparación de ambos métodos, el que tiene menores espesores es el método PCA, en comparación con el método AASHTO, lo cual indica que el más económico y el más viable para el análisis es el método del PCA (ver cuadro N°38 y N° 43).
- Los métodos de diseño tiene como propósito al igual que otras estructuras de concreto determinar los espesores mínimos de pavimentos, lo cual traduce menores costos, en el caso en donde los espesores son mayores, se encuentra un buen desempeño pero se requieren altos costos iniciales de construcción, pero bajos costos de mantenimiento, en el caso contrario en donde se diseñan menores espesores se generan bajos costos de construcción, pero altos costos de mantenimiento, por lo tanto es determinar el espesor apropiado que garantice el mejor desempeño de la vía.

#### **Recomendaciones:**

- Se debe de considerar que el método de diseño que propone la PCA presenta limitantes respecto al método AASHTO 93. Lo anterior, en vista de que no considera, variables importantes que impactan en el desempeño de la estructura de pavimento, tales como el drenaje y la serviciabilidad.
- Para obtener un análisis completo del estudio comparativo se recomienda realizar análisis de costos presente trabajo, deberá tomarse en cuenta, además de los costos de ejecución, los costos de mantenimiento, para ambos pavimentos.



---

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

AASHTO guide for Design of Pavement Structures (*Diseño de pavimentos rígidos método AASHTO 93*)

ASTM. (2011). *Standard practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Surveys. Designacion D6433.*

Ávila, E. & Albarracín, F. (2014). *Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. Caso de Estudio: Vía Chicti – Sevilla de Oro.* (Tesis de Especialización en Ingeniería de Pavimentos). Universidad de Cuenca - Ecuador.

Camposano, J. & García, K. (2012). *Diagnóstico del estado situacional de la Vía: Av. Argentina - Av. 24 de Junio por el método: Índice de Condición de Pavimentos-2012.* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana Los Andes – Perú.

Carrera, M. (2011). *Evaluación de pavimento utilizando el Método PCI y su aplicación en el paso lateral de Porto Viejo desde la vía Portoatejo - Mejía hasta el redondel de Picoazá. Recomendaciones de mejoras.* (Tesis de Posgrado). Universidad Técnica de Manabí - Ecuador.

Gobierno Regional de Huánuco: *Plan de Desarrollo Regional Concertado Huánuco 2014-2021(Reformulado), Junio 2014.*

Meléndez, A. (2014). *Estado y diagnóstico de la Calle 183 (Avenida San Antonio) entre carreras novena (9ª) y Diecisiete (17).* (Tesis de Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones: *Manual de inventario viales, R.D. N° 09-2014-MTC/14.*



Ministerio de Transporte y Comunicaciones: *Manual de carreteras de conservación vial R.D. N°17-2013-MTC/14.*

Ministerio de Transporte y Comunicaciones: *Manual de carreteras de suelos, geología, geotecnia y pavimentos D.S. N°10-2014-MTC/14.*

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma técnica de Edificaciones (NTE) CE.010 Pavimentos Urbanos. 2010.*

Ñauñay, W. (2011). *Modelo de Evaluación y Mantenimiento para la Rehabilitación de la Capa de Rodadura de la Vía Pelileo – Baños.* (Tesis de Posgrado). Universidad Técnica de Ambato - Ecuador.

Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements (*Diseño de espesores para pavimento de hormigón en carreteras y calles Método de la Portland Cement Association. PCA*)

## **ANEXO I: ENSAYO DE LABORATORIO**

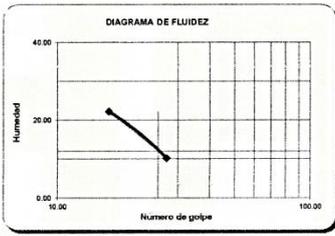


EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
 (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

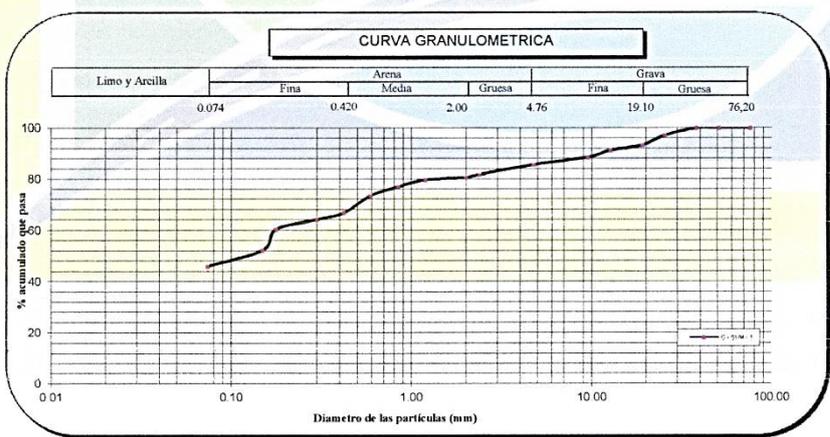
**PROYECTO :** ANALISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO, COMPARANDO LOS METODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA, PARA EL CONFORT DEL JIRÓN MALECON ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 - HUANUCO 2017  
**SOLICITADO:** JOSE LUIS SUAREZ GARGATE  
**UBICACION :** DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO  
**PETENECE:** CUADRA 2 - JR. ALOMIA ROBLES  
**REALIZADO** ELIJO SAAVEDRA C.  
**FECHA** MAYO DEL 2017  
**CALICATA :** C - 01

Calicata	C - 01	
Muestra	M - 1	
Profundidad (m)	0.00-1.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIADO	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3 "	76.200
	2 "	50.800
	1 1/2 "	38.100
	1 "	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
	Nº 80	0.177
Nº 100	0.149	
Nº 200	0.074	
Contenido de Humedad	( % )	4.20
Límite Líquido ( LL )	( % )	12
Límite Plástico ( LP )	( % )	10
Índice Plástico ( IP )	( % )	2
Clasificación ( S.U.C.S. )		SM
Clasificación ( AASHTO )		A-4
Índice de Grupo		2



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	6.77	14.46
	GP%	7.69	
% Arena	AG%	4.93	39.55
	AM%	13.88	
% Finos	AF%	20.74	45.99



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción ( AASHTO ) : REG-MALO

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
 Celular : (062) 962634923  
 RPM : #990844 - #962987000  
 Fono : 062-517612  
 E-mail : logistica@labortecel.com



Elijo Augusto Saavedra C.  
 TECNICO LABORATORISTA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



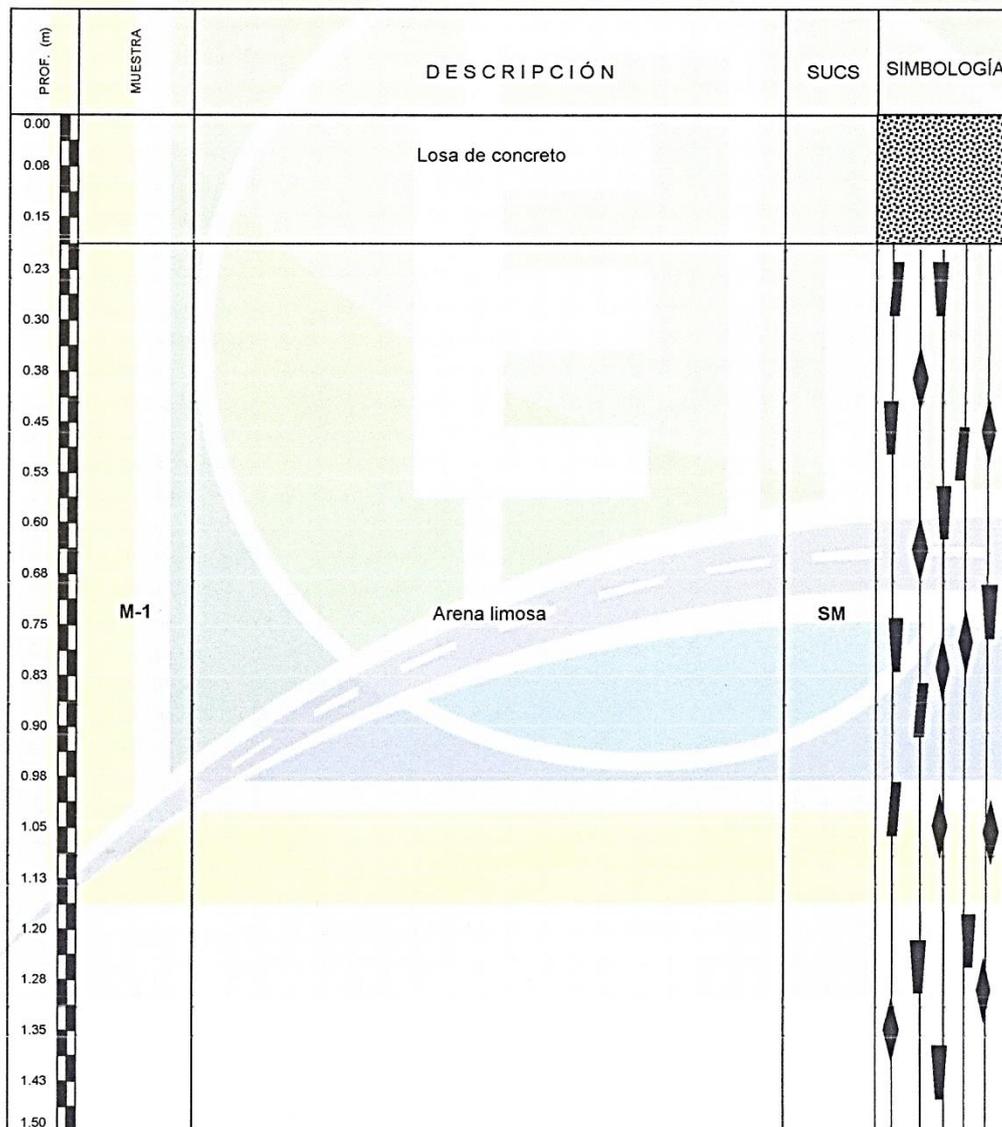
Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
 CIP N° 169667



EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

### REGISTRO DE SONDAJE

<b>PROYECTO</b>	: ANALISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO, COMPARANDO LOS METODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA, PARA EL CONFORT DEL JIRON MALECON ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 - HUANUCO 2017		
<b>SOLICITADO</b>	: JOSE LUIS SUAREZ GARGATE		
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO	<b>CALICATA N°</b>	: C - 01
<b>PROF. (m)</b>	: 0.00-1.00	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: no se halló
<b>TÉCNICO</b>	: ELIO SAAVEDRA C.		
<b>PETENECE</b>	: CUADRA 2 - JR. ALOMIA ROBLES	<b>FECHA</b>	: MAYO DEL 2017



Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
 Celular : (062) 962634923  
 RPM : #990844 - #962987000  
 Fono : 062-517612



Elio Augusto Saavedra C.  
 TCC. LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
 CIP N° 169667

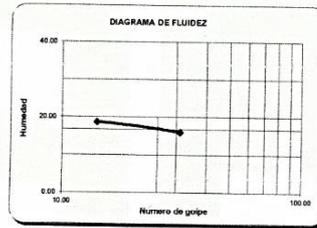


EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
 (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

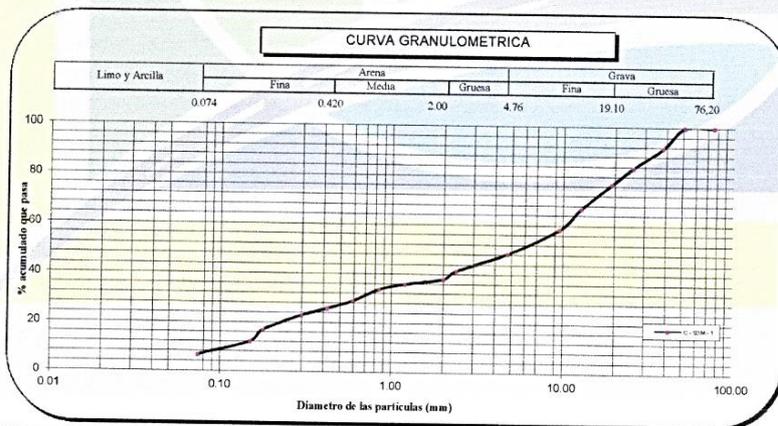
**PROYECTO :** ANALISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO, COMPARANDO LOS METODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA PARA EL CONFORT DEL JIRÓN MALECON ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 - HUANUCO 2017  
**SOLICITADO:** JOSE LUIS SUAREZ GARGATE  
**UBICACION :** DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO  
**PETENECE:** CUADRA 4 - JR. ALOMIA ROBLES  
**REALIZADO** ELIO SAAVEDRA C.  
**FECHA** MAYO DEL 2017  
**CALICATA :** C - 02

Calicata	C - 02	
Muestra	M - 1	
Profundidad (m)	0.00-1.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PORTAMIZADO	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
Nº 50	0.297	
Nº 80	0.177	
Nº 100	0.149	
Nº 200	0.074	
Contenido de Humedad	(%)	8.10
Límite Líquido (LL)	(%)	17
Límite Plástico (LP)	(%)	NP
Índice Plástico (IP)	(%)	NP
Clasificación (S.U.C.S.)	GP - GM	
Clasificación (AASHTO)	A-1-a	
Índice de Grupo	0	



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	23.31
	GP%	28.19
% Arena	AG%	10.45
	AF%	12.27
% Finos		19.20
		6.58



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO) BUENO

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
 Celular : (062) 962634923  
 RPM : #990044 #962987000  
 Fono : 062.517612  
 E-mail : logistica@labortecel.com



Elio Augusto Saavedra C.  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
 CIP N° 169667



EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

### REGISTRO DE SONDAJE

<b>PROYECTO</b>	: ANALISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO, COMPARANDO LOS METODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA, PARA EL CONFORT DEL JIRON MALECON ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 - HUANUCO 2017		
<b>SOLICITADO</b>	: JOSE LUIS SUAREZ GARGATE		
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO	<b>CALICATA N°</b>	: C - 02
<b>PROF. (m)</b>	: 0.00-1.00	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: no se hallo
<b>PETENECE</b>	: CUADRA 4 - JR. ALOMIA ROBLES	<b>TÉCNICO</b>	: ELIO SAAVEDRA C.
		<b>FECHA</b>	: MAYO DEL 2017

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00				
0.08				
0.15		Losa de concreto		
0.23				
0.30				
0.38				
0.45				
0.53				
0.60				
0.68				
0.75	M-1	Grava pobremente gradada con limo y arena	GP - GM	
0.83				
0.90				
0.98				
1.05				
1.13				
1.20				
1.28				
1.35				
1.43				
1.50				

Dirección, Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
 Celular : (062) 962634923  
 RPM : #990844 - #962987000  
 Fono : 062-517612  
 E-mail : logistica@labortecil.com



*Elio Augusto Saavedra C.*  
 Elio Augusto Saavedra C.  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS UJUNCHO Y ASFALTO



*Ing. Rider Cajaleón Jaramillo*  
 Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
 CIP N° 169667



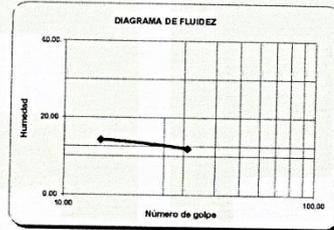
EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
 (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

**PROYECTO** : ANALISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO, COMPARANDO LOS METODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA, PARA EL CONFORT DEL JIRON MALECON ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 - HUANUCO 2017  
**SOLICITADO**: JOSE LUIS SUAREZ GARGATE  
**UBICACION** : DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO  
**PETENECE**: CUADRA 6 - JR. ALOMIA ROBLES  
**REALIZADO** ELIO SAAVEDRA C.  
**FECHA** MAYO DEL 2017  
**CALICATA** : C - 03

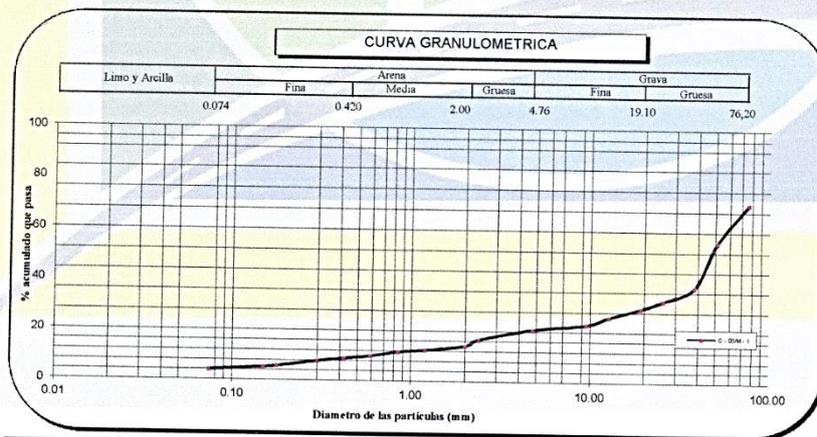
Calicata	C - 03	
Muestra	M - 1	
Profundidad (m)	0.00-1.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.100
	1/2"	12.700
	3/8"	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
	Nº 80	0.177
	Nº 100	0.149
	Nº 200	0.074
Contenido de Humedad (%)	5.40	
Límite Líquido (LL) (%)	13	
Límite Plástico (LP) (%)	NP	
Índice Plástico (IP) (%)	NP	
Clasificación (S.U.C.S.)	GP	
Clasificación (AASHTO)	A-1-a	
Índice de Grupo	0	

Nombre de grupo : Grava pobremente gradada con arena



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	41.59	79.20
	GP%	8.72	
% Arena	AG%	6.55	
	AM%	5.32	
% Finos	AF%	4.85	16.71
			4.09



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO) : BUENO

Dirección: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
 Celular : (062) 962634923  
 RPM : #990844 - #962987000  
 Fono : 062-517612  
 E-mail : logistica@labortec@cl.com



Elio Augusto Saavedra C.  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Ing. Kider Cajaleón Jaramillo  
 CIP Nº 169667



EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**REGISTRO DE SONDAJE**

<b>PROYECTO</b>	: ANALISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO, COMPARANDO LOS METODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA, PARA EL CONFORT DEL JIRON MALECÓN ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 - HUÁNUCO 2017		
<b>SOLICITADO</b>	: JOSE LUIS SUAREZ GARGATE		
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	<b>CALICATA N°</b>	: C - 03
<b>PROF. (m)</b>	: 0.00-1.00	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: no se halló
<b>PETENECE</b>	: CUADRA 6 - JR. ALOMIA ROBLES	<b>TÉCNICO</b>	: ELIO SAAVEDRA C.
		<b>FECHA</b>	: MAYO DEL 2017

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00		Losa de concreto		
0.08				
0.15				
0.23				
0.30				
0.38				
0.45				
0.53				
0.60				
0.68				
0.75	M-1	Grava pobremente gradada con arena	GP	
0.83				
0.90				
0.98				
1.05				
1.13				
1.20				
1.28				
1.35				
1.43				
1.50				

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
 Celular : (062) 962634923  
 RPM : #990844 - #962987000  
 Fono : 062 517612  
 E-mail : logistica@labortecni.com



Elio Augusto Saavedra C.  
 T.E.C. CONSULTORISTA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
 CIP N° 169667

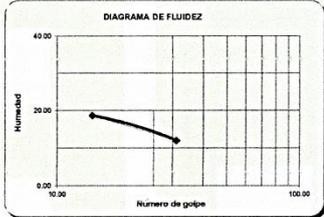


EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION  
 (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

**PROYECTO :** ANALISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO, COMPARANDO LOS METODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA PARA EL CONFORT DEL JIRON MALECON ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 - HUANUCO 2017  
**SOLICITADO:** JOSE LUIS SUAREZ GARGATE  
**UBICACION :** DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO  
**PETENECE:** CUADRA 9 - JR. ALOMIA ROBLES  
**REALIZADO** ELIO SAAVEDRA C.  
**FECHA** MAYO DEL 2017  
**CALICATA :** C-04

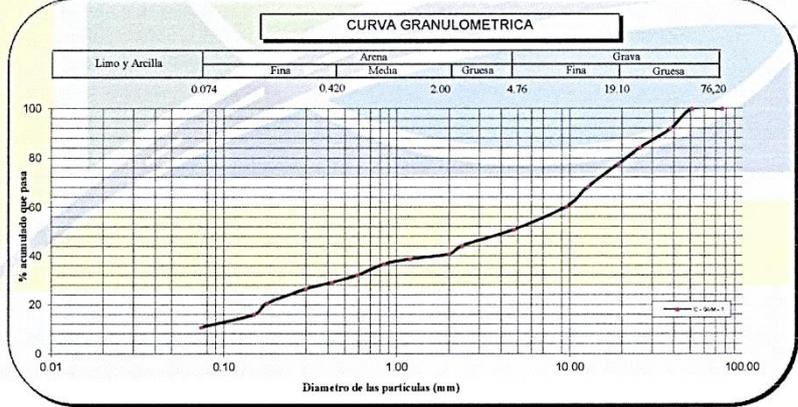
Calicata	C - 04	
Muestra	M - 1	
Profundidad (m)	0.00-1.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla	
	Nº	Abertura (mm)
	3 "	76.200
	2 "	50.800
	1 1/2 "	38.100
	1 "	25.400
	3/4 "	19.100
	1/2 "	12.700
	3/8 "	9.520
	Nº 4	4.760
	Nº 8	2.380
	Nº 10	2.000
	Nº 16	1.190
	Nº 20	0.840
	Nº 30	0.590
	Nº 40	0.420
	Nº 50	0.297
	Nº 80	0.177
	Nº 100	0.149
Nº 200	0.074	
Contenido de Humedad	(%)	7.70
Límite Líquido ( LL )	(%)	14
Límite Plástico ( LP )	(%)	NP
Índice Plástico ( IP )	(%)	NP
Clasificación ( S.U.C.S. )		GP - GM
Clasificación ( AASHTO )		A-1-a
Índice de Grupo		0



Distribución Granulométrica

% Grava	GG%	22.25	
	GP%	26.91	49.16
% Arena	AG%	9.98	
	AM%	11.72	
	AP%	18.33	40.02
% Finos			10.82

Nombre de grupo : Grava pobremente gradada con limo y arena



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción ( AASHTO ) BUENO

cción: Jr. Tarma Nº 101 - Huánuco  
 lar : (062) 962634923  
 : #990844 - #962987000



Elio Augusto Saavedra C.  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
 CIP Nº 169667



EMPRESA ESPECIALIZADA EN CONSULTORÍA DE OBRAS CIVILES, CERTIFICACIÓN Y ENSAYOS DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**REGISTRO DE SONDAJE**

<b>PROYECTO</b>	: ANALISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO, COMPARANDO LOS METODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA, PARA EL CONFORT DEL JIRON MALECON ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 - HUANUCO 2017		
<b>SOLICITADO</b>	: JOSE LUIS SUAREZ GARGATE		
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE HUANUCO	<b>CALICATA N°</b>	: C - 04
<b>PROF. (m)</b>	: 0.00-1.00	<b>NIVEL FREÁTICO</b>	: no se halló
<b>PETENECE</b>	: CUADRA 9 - JR. ALOMIA ROBLES	<b>TÉCNICO</b>	: ELIO SAAVEDRA C.
		<b>FECHA</b>	: MAYO DEL 2017

PROF. (m)	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	SUCS	SIMBOLOGÍA
0.00				
0.08				
0.15		Losa de concreto		
0.23				
0.30				
0.38				
0.45				
0.53				
0.60				
0.68				
0.75	M-1	Grava pobremente gradada con limo y arena	GP - GM	
0.83				
0.90				
0.98				
1.05				
1.13				
1.20				
1.28				
1.35				
1.43				
1.50				

Dirección: Jr. Tarma N° 101 - Huánuco  
 Celular : (062) 962634923  
 RPM : #990844 - #962987000  
 Fono : 062-517612  
 E-mail : logistica@laborteccivil.com



*Elio Augusto Saavedra C.*  
 Elio Augusto Saavedra C.  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO



*Ing. Rider Cajaleón Jaramillo*  
 Ing. Rider Cajaleón Jaramillo  
 CIP N° 169667

**ANEXO II: PANEL FOTOGRAFICO**



FOTO N° 01.- EN PRIMERA CUADRA DEL JR. MALECON ALOMIA ROBLES EN LA MAÑANA.



FOTO N° 02.- EN PRIMERA CUADRA DEL JR. MALECON ALOMIA ROBLES EN LA TARDE.



FOTO N° 03.- EN QUINTA CUADRA DEL JR. MALECON ALOMIA ROBLES EN LA MAÑANA.



FOTO N° 04.- EN QUINTA CUADRA DEL JR. MALECON ALOMIA ROBLES EN LA TARDE.



FOTO N° 05.- EN LA DECIMA CUADRA DEL JR. MALECON ALOMIA ROBLES EN LA MAÑANA.



FOTO N° 06.- EN LA DECIMA CUADRA DEL JR. MALECON ALOMIA ROBLES EN LA TARDE.



FOTO N° 07.- EN LA DECIMA CUADRA DEL JR. MALECON ALOMIA ROBLES EN LA MAÑANA.



FOTO N° 08.- EN LA DECIMA CUADRA DEL JR. MALECON ALOMIA ROBLES EN LA TARDE.

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	1 de 2

## ANEXO 2

### AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

#### 1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: SUÁREZ GARGATE, JOSE LUIS  
 DNI: 45269934 Correo electrónico: JLPL-5@hotmail.com

Teléfonos: Casa - Celular 984185704 Oficina -

Apellidos y Nombres: -

DNI: - Correo electrónico: -

Teléfonos: Casa - Celular - Oficina -

Apellidos y Nombres: -

DNI: - Correo electrónico: -

Teléfonos: Casa - Celular - Oficina -

#### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Pregrado	
Facultad de:	<u>"Ingeniería Civil y Arquitectura"</u>
E. P.:	<u>"Ingeniería Civil"</u>

Título Profesional obtenido:

Ingeniero Civil

Título de la tesis:

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		<b>REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES</b>		
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017
				PAGINA 2 de 2

"ANÁLISIS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO COMPARADO  
LOS MÉTODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA, PARA EL COMFORT DEL JIRÓN  
MALECON ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 - HUANUCO 2017"

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
X	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web [repositorio.unheval.edu.pe](http://repositorio.unheval.edu.pe), por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

---



---

Asimismo, pedimos indicar el período de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- ( ) 1 año  
 ( ) 2 años  
 ( ) 3 años  
 ( ) 4 años

Luego del período señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma: 29/10/2018

Firma del autor y/o autores:





"Año del Buen Servicio al Ciudadano"  
**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
 HUÁNUCO – PERÚ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los veinticinco días del mes de octubre del 2018, siendo a las dieciocho horas, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N° 275-2018-UNHEVAL-FICA-D y Resolución de Decano N° 601-2018-UNHEVAL-FICA-D y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de tesis titulado "ANALISIS D' EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO COMPARADO LOS METODOS DE AASHTO 93 Y DEL PCA, PARA ERL CONFORT DEL JIRON MALECON ALOMIA ROBLES DESDE LA CUADRA 1 AL 10 – HUANUCO-2017", para optar el Título de Ingeniero Civil del Bachiller José Luis SUAREZ GARGATE

Finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

Los Miembros del Jurado declararon APROBADO con la nota de: 15 (QUINCE)

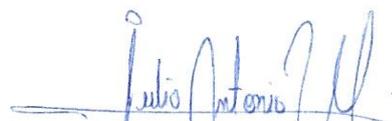
Con el calificativo de: B.U.E.N.O

Dándose por concluido dicho acto a las: 7:20 pm del mismo día.

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:.....  
 .....

  
 Ing. José L. Villavicencio Guardia  
**PRESIDENTE**

  
 Ing. Julio Antonio Vargas Campos  
**SECRETARIO**

  
 Ing. Abraham Adonias Santos Cienfuegos  
**VOCAL**