

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y PROPUESTA
DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA
HOSPICIO – LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS –
CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**Bach. ARNOLD RANDY FALCÓN AYMA
Bach. DENNIS JESSHU MACHACA HUANCA**

**TACNA – PERÚ
2021**

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y
PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA
CARRETERA HOSPICIO – LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS
PALOS – CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020”**

Tesis sustentada y aprobada el 28 de Septiembre del 2021, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO: Mtro. MARTÍN PAUCARA ROJAS

VOCAL: Mtro. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

ASESOR: Ing. CESAR URTEAGA ORTIZ

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Arnold Randy Falcon Ayma con DNI 74079469; Dennis Jesshu Machaca Huanca con DNI: 711122844, en calidad de: Bachilleres en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: *“Evaluación del estado de conservación y propuesta de diseño de la carpeta asfáltica para la carretera hospicio – los palos, tramo: puente Los Palos – carretera panamericana sur, Tacna - 2020”* la misma que presentamos para optar: *Título Profesional de Ingeniero Civil*
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsable frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y

sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 28 de Septiembre del 2021



Bach. Arnold Randy Falcón Ayma
DNI.74079469



Bach. Dennis Jesshu Machaca Huanca
DNI.71122844

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios que de la forma más inesperada me acompañó en cada paso que daba.

A mi padres, Natividad y Eulogio por todo el esfuerzo y sacrificio que realizaron para que yo cumpla todas mis metas, y por ese amor y apoyo tan incondicional que me brindan.

A mi prima Delia, por ser como mi hermana mayor y ser mi ejemplo como profesional, guiándome y aconsejándome siempre.

A mis primos Rony y Enma por estar conmigo siempre apoyándome y por motivarme a seguir adelante.

(Dennis Jesshu Machaca Huanca)

A Dios por darme la fortaleza en momentos complicados y hacerme llegar hasta este momento.

A mis padres por todo el apoyo que me brindaron en mi etapa académica haciendo posible que sea un profesional y a su vez una persona de bien, con valores inculcados.

A mi familia por haber confiado en mi desde el principio, visorando grandes cosas en mi futuro.

(Arnold Randy Falcón Ayma)

AGRADECIMIENTO

Le agradecemos a Dios por cuidarnos y mantener la fé. Siempre estás presente y alegras nuestro corazón.

A nuestros amigos y compañeros de de la universidad con quienes compartimos momentos de nuestras vidas y de los cuales siempre rescatamos lo bueno.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por ser parte de nuestra formación académica y compartir sus conocimientos con nosotros.

Gracias a todas las personas que hicieron posible para la culminación de ésta tesis.

**(Arnold Randy Falcón Ayma y Dennis
Jesshu Machaca Huanca)**

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO	ii
PÁGINA DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.....	iii
PÁGINA DE DEDICATORIA.....	v
PÁGINA DE AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	17
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 Descripción del problema	18
1.2 Formulación del problema	22
1.2.1 Problema general	22
1.2.2 Problemas específicos	22
1.3 Justificación e importancia de la investigación	23
1.4 Objetivos de la investigación	25
1.4.1 Objetivo general.....	25
1.4.2 Objetivos específicos.....	25
1.5 Hipótesis.....	25
1.5.1 Hipótesis General	25
1.5.2 Hipótesis Específicos	25
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	26
2.1 Antecedentes de la investigación	26
2.2 Bases teóricas.....	29
2.2.1 Estado de Conservación del Pavimento	29
2.2.1.1 Conservación Vial.....	30
2.2.1.2 Evaluación de pavimentos.....	30
2.2.1.3 Tipo de fallas en los pavimentos	30
2.2.1.4 Pavimentos	32
2.2.1.5 Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos	34
2.2.1.6 Ciclo de vida de los pavimentos	35
2.2.2 Método Pavement Condition Index (PCI)	37
2.2.2.1 Métodos de evaluación.....	37

2.2.2.2	Método PCI	37
2.2.2.3	Severidad	38
2.2.2.4	Extensión	39
2.2.2.5	Determinación de unidades de muestreo para evaluación.....	39
2.2.2.6	Selección de unidades de muestreo para inspección.....	39
2.2.2.7	Cálculo de los valores deducidos (VD)	40
2.2.2.8	Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)	40
2.2.2.9	Cálculo del máximo valor deducido corregido, VDC.....	41
2.2.2.10	Determinación PCI de unidades de muestreo	42
2.2.2.11	Determinación PCI de sección	42
2.2.2.12	Clasificación del pavimento según el PCI	43
2.2.3	Metodología AASHTO 93.....	43
2.2.3.1	Parámetros de diseño.....	43
2.2.3.2	Materiales para el diseño.....	46
2.3	Definición de términos	51
2.3.1	Conservación Vial.....	51
2.3.2	Falla funcional.....	51
2.3.3	Patologías	51
2.3.4	AASHTO 93	51
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO		52
3.1	Tipo y diseño de la investigación.....	52
3.1.1	Tipo de investigación.....	52
3.1.2	Diseño de la investigación.....	52
3.2	Población y/o muestra de estudio	52
3.2.1	Población	52
3.2.2	Muestra	52
3.3	Operacionalización de variables.....	53
3.3.1	Variable dependiente.....	53
3.3.1.1	Propuesta de Diseño de la Carpeta Asfáltica	53
3.3.2	Variable Independiente.....	53
3.3.2.1	Evaluación del Estado de Conservación.....	54
3.3.3	Operacionalización de las variables.....	54
3.4	Técnicas de recolección de datos	55
3.4.1	Técnicas.....	55
3.4.2	Instrumentos	56
3.5	Procesamiento y análisis de datos	56
3.5.1	Procedimiento de evaluación del estado de conservación.....	56

CAPÍTULO IV: RESULTADOS	78
4.1 Cálculo del PCI	78
4.1.1 Resultados del método PCI. Carretera Hospicio – Los Palos	88
4.2 Cálculo de Diseño de pavimento flexible	103
4.2.1 Valores CBR	103
4.2.2 Cálculo del IMD	109
4.2.3 Cálculo del ESAL de Diseño	117
4.2.4 Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible	119
4.2.4.1 ESAL de diseño	119
4.2.4.2 CBR de diseño	119
4.2.4.3 Cálculo de módulo resiliente de la subrasante	120
4.2.4.4 Factores para hallar espesores del Pavimento	121
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	129
5.1 Análisis de los resultados PCI	129
5.2 Análisis del diseño de pavimento flexible	130
CONCLUSIONES	132
RECOMENDACIONES	133
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
ANEXO	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de fallas en el pavimento flexible	32
Tabla 2. Rangos de calificación del PCI.....	38
Tabla 3. Formato para la obtención del Máximo Valor Deducido Corregido.....	41
Tabla 4. Intervención de acuerdo al PCI	43
Tabla 5. Periodo de análisis y diseño.....	44
Tabla 6. Niveles recomendados de Confiabilidad.....	44
Tabla 7. Valores de desviación normal estándar	45
Tabla 8. Valores recomendados para a desviación estándar (So).....	46
Tabla 9. Capacidad de drenaje.....	49
Tabla 10. Valores sugeridos para el drenaje m_i	49
Tabla 11. Operacionalización de variables	55
Tabla 12. Valores de CBR para diseño.....	109
Tabla 13. Cálculo de módulo resiliente	120
Tabla 14. Nivel de confiabilidad.....	121
Tabla 15. Desviación estándar	121
Tabla 16. Pérdida de serviciabilidad.....	122
Tabla 17. Datos para calcular SN utilizando Abaco.....	123
Tabla 18. Calidad del drenaje – Tiempo de evacuación.....	126
Tabla 19. Calidad del drenaje – Porcentaje del pavimento expuesto a humedad .	126
Tabla 20. ESAL en ejes equivalentes.....	127
Tabla 21. Espesores de carpeta y base	127
Tabla 22. Método del tanteo para igual la ecuación	127
Tabla 23. Valores finales de D1, D2 y D3	128
Tabla 24. Resultados del PCI en el tramo 1 de estudio, carretera Hospicio – Los Palos	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de investigación Carretera Hospicio – Los palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur L=9.66 km. 1 calzadas, 2 carriles	19
Figura 2. Zona de investigación, presencia de grietas de borde	19
Figura 3. Zona de investigación, condiciones del pavimento flexible, presencia de parcheo	20
Figura 4. Zona de investigación, Aparición de Huecos.....	20
Figura 5. Zona de investigación, cruce de línea férrea.....	21
Figura 6. Zona de investigación, condiciones del pavimento flexible, presencia de ahuellamiento.....	21
Figura 7. Zona de investigación, condiciones del pavimento flexible, presencia de fisuras longitudinales	22
Figura 8. Fallas en pavimentos flexibles	31
Figura 9. Estructura básica de un pavimento flexible	33
Figura 10. Estructura básica de un pavimento rígido.....	34
Figura 11. Curva de comportamiento del pavimento	35
Figura 12. Curva de deterioro del pavimento	36
Figura 13. Curva de deterioro del pavimento	36
Figura 14. Costos relativos de mantenimiento preventivo, rehabilitación y reconstrucción.....	37
Figura 15. Hoja de registro de campo	40
Figura 16. Curvas de corrección del Valor Deducido para pavimento flexible.....	42
Figura 17. Determinación del coeficiente estructural a_1	47
Figura 18. Abaco para calcular el coeficiente estructural a_2	48
Figura 19. Abaco para calcular el coeficiente estructural a_3	48
Figura 20. Corte de pavimento flexible.....	50
Figura 21. Marcado de fallas en el pavimento	57
Figura 22. Marcado de fallas en el pavimento	57
Figura 23. Marcado de fallas en el pavimento	58
Figura 24. Marcado de tramos que van a ser evaluados.....	58
Figura 25. Medición de parcheo	59
Figura 26. Medición de parcheo	59
Figura 27. Medición de parcheo	60
Figura 28. Medición de parcheo	60
Figura 29. Medición de parcheo	61

Figura 30. Medición de parcheo	61
Figura 31. Medición de parcheo	62
Figura 32. Medición de parcheo	62
Figura 33. Medición de parcheo	63
Figura 34. Medición de parcheo	63
Figura 35. Medición de parcheo	64
Figura 36. Desnivel de carril berma.....	64
Figura 37. Huecos.....	65
Figura 38. Huecos.....	65
Figura 39. Huecos.....	66
Figura 40. Medición de parcheo	66
Figura 41. Grietas longitudinales y transversales	67
Figura 42. Grietas longitudinales y transversales	67
Figura 43. Grietas longitudinales y transversales	68
Figura 44. Grietas longitudinales y transversales	68
Figura 45. Pulimiento de agregados.....	69
Figura 46. Pulimiento de agregados.....	69
Figura 47. Pulimiento de agregados.....	70
Figura 48. Pulimiento de agregados.....	70
Figura 49. Pulimiento de agregados.....	71
Figura 50. Agrietamiento en bloque	71
Figura 51. Cruce vía Férrea.....	72
Figura 52. Cruce vía Férrea.....	72
Figura 53. Cruce vía Férrea.....	73
Figura 54. Conteo Vehicular	74
Figura 55. Conteo Vehicular	74
Figura 56. Conteo Vehicular	75
Figura 57. Conteo Vehicular	75
Figura 58. Conteo Vehicular	76
Figura 59. Conteo Vehicular	76
Figura 60. Conteo Vehicular	77
Figura 61. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 1.....	80
Figura 62. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 2.....	80
Figura 63. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 3.....	81
Figura 64. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 4.....	81
Figura 65. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 5.....	82
Figura 66. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 6.....	82

Figura 67. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 7.....	83
Figura 68. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 8.....	83
Figura 69. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 9.....	84
Figura 70. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 10.....	84
Figura 71. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 11.....	85
Figura 72. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 12.....	85
Figura 73. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 13.....	86
Figura 74. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 14.....	86
Figura 75. Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 15.....	87
Figura 76. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-1	88
Figura 77. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-2	89
Figura 78. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-3	90
Figura 79. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-4	91
Figura 80. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-5	92
Figura 81. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-6	93
Figura 82. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-7	94
Figura 83. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-8	95
Figura 84. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-9	96
Figura 85. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-10	97
Figura 86. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-11	98
Figura 87. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-12	99
Figura 88. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-13	100
Figura 89. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-14	101
Figura 90. Resultados del PCI - unidad de muestreo U-15	102
Figura 91. Ensayo de CBR – C -1	103
Figura 92. Determinación de CBR – C -1	104
Figura 93. Ensayo de CBR – C -2	105
Figura 94. Determinación de CBR – C -2.....	106
Figura 95. Ensayo de CBR – C -3	107
Figura 96. Determinación de CBR – C -3.....	108
Figura 97. Hoja de datos del conteo vehicular del día Lunes	110
Figura 98. Hoja de datos del conteo vehicular del día Martes.....	111
Figura 99. Hoja de datos del conteo vehicular del día Miércoles	112
Figura 100. Hoja de datos del conteo vehicular del día Jueves	113
Figura 101. Hoja de datos del conteo vehicular del día Viernes	114
Figura 102. Hoja de datos del conteo vehicular del día Sábado	115
Figura 103. Hoja de datos del conteo vehicular del día Domingo	116

Figura 104. Cálculo del Índice Medio Diario.....	117
Figura 105. Variación diaria	117
Figura 106. Pesos de camiones C2, C3 y C4	118
Figura 107. Cálculo del ESAL de Diseño	119
Figura 108. Cálculo del módulo resiliente	120
Figura 109. Cálculo del SN utilizando la ecuación AASHTO 93.....	123
Figura 110. Cálculo de los coeficientes de capa - a1	124
Figura 111. Cálculo de los coeficientes de capa – a2.....	125
Figura 112. Cálculo de los coeficientes de capa – a3.....	125
Figura 113. Diseño de espesores del pavimento.....	128
Figura 114. Comportamiento de los valores del PCI por progresivas en el tramo. 130	
Figura 115. Propuesta de espesores para la carretera hospicio – los palos	130

RESUMEN

El presente trabajo de investigación realizó una evaluación del estado de conservación de la carpeta asfáltica en el pavimento en la carretera Hospicio – Los Palos, el tramo evaluado tiene la longitud aproximada de 9.66 km y un ancho de calzada de 7.20 metros.

El objetivo de la investigación fue evaluar el estado de conservación y proponer el diseño de la carpeta asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos, utilizando la metodología del Pavement Condition Index para el análisis de las fallas superficiales presentes en la carpeta asfáltica, se evaluaron 15 unidades de muestreo mediante inspecciones visuales en todo el tramo de la vía investigada. La investigación fue de tipo Aplicada con enfoque cuantitativo, porque busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas, con el único objetivo de ampliar el conocimiento mediante la evaluación del estado de conservación de la carpeta asfáltica, considerando un diseño descriptivo-exploratorio, determinándose resultados del Pavement Condition Index ponderado en todo el tramo de la carretera Hospicio – Los Palos igual a 37.22, con una clasificación de condición del pavimento *malo*.

Se concluyó que de acuerdo a la clasificación del estado de conservación de la carpeta asfáltica se realiza un diseño de espesores utilizando la metodología AASHTO 93, metodología que usa como dato el Esal de diseño para lo cual se realizó un aforo vehicular, el cual fue desarrollado en el mes de marzo del 2021 encontrándonos en una situación de estado de emergencia sanitaria en el país por la crisis mundial de la pandemia del Covid-19, una vez desarrollado el método AASHTO 93 nos dio como resultados unos espesores para la carpeta asfáltica de 5 cm, y una base granular de 20 cm.

Palabras Claves: Conservación vial, Rehabilitación, Reconstrucción, Falla funcional, Patologías y AASHTO 93.

ABSTRACT

This research work carries out an evaluation of the state of conservation of the asphalt layer on the pavement on the Hospicio - Los Palos highway, the evaluated section has an approximate length of 9.66 km and a road width of 7.20 meters.

The objective of the research is to evaluate the state of conservation and propose the design of the asphalt layer for the Hospicio - Los Palos road, using the PCI methodology for the analysis of the surface faults present in the asphalt layer, 15 units of sampling through visual inspections throughout the section of the investigated road. The research is Applied with a quantitative approach, because it seeks to generate knowledge with direct application to problems, with the sole objective of expanding knowledge by evaluating the state of conservation of the asphalt layer, considering a descriptive-exploratory design, Determining the results of the weighted PCI in the entire section of the Hospicio - Los Palos highway equal to 37.22, with a *bad* pavement condition classification.

It was concluded that according to the classification of the conservation status of the asphalt layer, a thickness design is carried out using the AASHTO 93 methodology, a methodology that uses the design Esal as data for which a vehicle capacity was carried out, which was developed In the month of March 2021, finding ourselves in a state of health emergency in the country due to the global crisis of the Covid-19 pandemic, once the AASHTO 93 method was developed, it resulted in thicknesses for the asphalt layer of 5 cm, and a granular base of 20 cm.

Key Words: Road maintenance, Rehabilitation, Reconstruction, Functional failure, Pathologies and AASHTO 93.

INTRODUCCIÓN

La importancia de conocer el estado de conservación del pavimento flexible para proponer un diseño de espesores en el que pueda desarrollar una rehabilitación de la carretera, donde los resultados obtenidos con la metodología del PCI, ayuda a determinar el tipo de intervención que pueda brindar a los conductores seguridad y confort en la vía investigada. La evaluación del estado de conservación de la carpeta asfáltica de la carretera Hospicio – Los Palos, toma importancia porque la vía sirve de conectividad hacia el distrito de la Yarada-Los Palos, balneario de Boca del Río, y a la Provincia de Ilo, con la ciudad de Tacna, tiene una longitud aproximada de 9 660.00 m y una de calzada de 7.20 m.

Mediante la evaluación del estado de conservación de la carpeta asfáltica o superficie de rodadura, utilizando la metodología del Pavement Condition Index, identificando las diversas fallas presentes en la carpeta asfáltica, ayuda a obtener resultados de valores ponderados que nos ayudan a definir la condición y el tipo de intervención de la vía investigada. Conociendo las condiciones funcionales en el que se encuentra el pavimento flexible, ayudan a proponer alternativas de tratamiento como la rehabilitación en función a los resultados del índice de condición y para nuestra investigación realizar una propuesta de espesores de la carpeta asfáltica y la base granular.

La investigación está estructurado en 5 capítulos, en el primer capítulo identificamos la formulación del problema, los objetivos y la hipótesis; en el segundo capítulo, el marco teórico, donde se presentan los antecedentes, la base teórica y la definición de términos; en el tercer capítulo, la metodología de la investigación, donde se detalla el tipo y nivel de investigación, la población y muestra de estudio; cuarto capítulo, presentación de los resultados, análisis e interpretación, finalmente en el capítulo quinto la discusión acerca de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

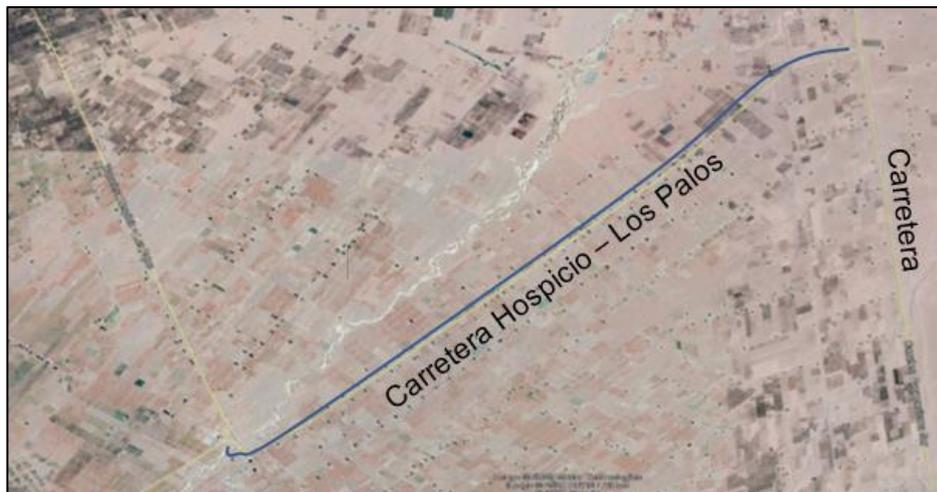
La infraestructura vial tiene importancia en el desarrollo de las regiones socialmente, también se considera al transporte como influenciador en la economía de un país, ya sean en las zonas urbanas y rurales. Por lo indicado se hace necesario programar proyectos viales, diseño adecuado y correcto proceso constructivo en la colocación de pavimentos, por otro lado, no se garantiza que no existan molestias y problemas en la circulación, si no se desarrolla un adecuado mantenimiento de las calles y carreteras.

En la actualidad, a medida que las vías se desarrollan para el transporte de personas y carga desde el distrito capital de La Yarada - Los palos, pasando por la carretera Hospicio hasta llegar a la Panamericana Sur, (longitud de estudio 9.66 Km, carretera de 2 carriles 1 por sentido, ancho de carril de 3.60 m.) (Figura 1), es una vía transitada por los vecinos del sur es decir chilenos que visitan el balneario del litoral tacneño, el cual también es utilizada para viajar a Ilo, Moquegua, Arequipa y el norte del país, porque ya se encuentra interconectado la vía costanera. Es evidente el crecimiento de los flujos vehiculares, también debemos indicar la existencia de productores de aceituna, sandía, caña de azúcar y otros frutales para consumo local y para la exportación, los cuales para su traslado utilizan vehículos pesados de más de 3 ejes, deteriorando más fácilmente la carretera indicada, porque su presencia daña toda la estructura del pavimento, carretera que no estuvo diseñado para ese tipo de tráfico, por eso la capa de rodadura desarrollan fallas o patologías presentes en la vía, si la carretera no tiene programado un mantenimiento rutinario aumentan la presencia de las fallas y se produce el deterioro, acortando su vida útil (ultimo mantenimiento realizado Año 2011, por el Gobierno Regional de Tacna).

Se observa que el pavimento de la carretera Hospicio – Los Palos presentan daños visibles en algunos tramos (ver Figuras 2-7), por lo que evaluar será uno de los objetivos de la vía investigada, para conocer finalmente el estado de conservación de la carpeta asfáltica, por no conocerse con exactitud, para ello utilizaremos el método Pavement Condition Index (PCI), y luego hacer una propuesta de diseño del pavimento para la carretera investigada utilizando el Método AASHTO´93.

Figura 1

Zona de investigación Carretera Hospicio – Los palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur L=9.66 km. 1 calzadas, 2 carriles



Nota. Google Earth

Figura 2

Zona de investigación, presencia de grietas de borde



Nota. Fotos tomadas en una inspección a la carretera.

Figura 3

Zona de investigación, condiciones del pavimento flexible, presencia de parcheo



Nota. Fotos tomadas en una inspección a la carretera

Figura 4

Zona de investigación, Aparición de Huecos



Nota. Fotos tomadas en una inspección a la carretera

Figura 5

Zona de investigación, cruce de línea férrea



Nota. Fotos tomadas en una inspección a la carretera

Figura 6

Zona de investigación, condiciones del pavimento flexible, presencia de ahuellamiento



Nota. Fotos tomadas en una inspección a la carretera

Figura 7

Zona de investigación, condiciones del pavimento flexible, presencia de fisuras longitudinales



Nota. Fotos tomadas en una inspección a la carretera

1.2 Formulación del problema**1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el estado de conservación y que propuesta mejoraría el diseño de la carpeta asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Qué cantidad de muestras serán necesarias para conocer el estado de conservación de la carpeta asfáltica de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020?

- b. ¿Cómo una propuesta de diseño de la carpeta asfáltica mejoraría la respuesta ante los requerimientos actuales de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020?

1.3 Justificación e importancia de la investigación

El proyecto de investigación materia de estudio se basa en la evaluación y análisis de todas las fallas presentes del pavimento flexible para determinar su estado de conservación, considerando que, en el distrito capital de Tacna, los pavimentos presentan una infinidad de fallas presentes en el pavimento, por lo que son indicios de un mal proceso constructivo, lo cual influye en la comodidad y el tiempo de transporte, por lo que puede incrementar los costos de operación vehicular.

Los resultados que se pudieran obtener estén al alcance de los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, porque será un material de investigación que ayudará a las próximas ideas de investigación, como material bibliográfico, al mismo tiempo para los profesionales que tendrán información de procedimientos de evaluación de la calidad del pavimento. La sociedad será una de las beneficiadas con la investigación, debido a que se conocerá el estado de las calles y carreteras de manera más directa y los conductores y peatones podrán transitar con mayor comodidad y confort.

- Conveniencia

Existe conveniencia desarrollar la investigación, puesto que la carretera Hospicio-Los Palos, es una zona muy transitada, la cual con el paso de los años no ha sido adecuadamente realizado los trabajos de mantenimiento, en este sentido la presente investigación busca identificar en una primera instancia la severidad de daño, para en base este dato y al tránsito vehicular actual proponer una nueva carpeta asfáltica que sea lo suficientemente resistente a estos requerimientos.

- Relevancia social

La importancia de la investigación, se basa en que mediante su realización se podría plantear una solución al problema latente del mal estado de conservación en el que se encuentra la carretera Hospicio-Los Palos, por soportar un tránsito para el cual no fue diseñado en sus inicios.

- Implicancia practica

La realización de la investigación posibilitará al graduado generar los conocimientos en un caso explicito, en el cual se pretende evaluar el análisis de conservación de la Carretera Hospicio – Los Palos, para posteriormente proponer un nuevo diseño de carpeta asfáltica.

- Valor teórico

Está orientado a la solución de un problema, el cual es el mal estado de conservación, donde se solucionaría con realizar sobre esta zona una nueva propuesta de diseño de la carpeta asfáltica para la Carretera Hospicio – Los Palos.

- Relevancia normativa

La presente investigación, es importante para la correcta identificación del estado situacional del pavimento, este trabajo no es a criterio del investigador, sino que tiene su relevancia normativa en el método especializado denominado PCI, en el cálculo del índice de condición de pavimento y el método AASHTO'93.

Argumentos suficientes que justifican la viabilidad de la investigación:

- El presente trabajo de investigación es viable, porque se cuenta con equipos de campo, laboratorios, asesoría técnica y metodológica para el adecuado desarrollo de las actividades concernientes para lograr alcanzar los resultados esperados de esta investigación.
- El presente trabajo de investigación es viable, puesto que se cuenta con el conocimiento impartido en las aulas por los Catedráticos de la Universidad Privada de Tacna.
- El presente trabajo de investigación es viable, debido a que se cuenta con el financiamiento de la investigación, para los gastos que sean necesarios y que se requieran en el desarrollo del trabajo de campo.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el estado de conservación y proponer el diseño de la carpeta asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carreterra Panamericana Sur, Tacna - 2020.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Identificar las unidades de muestreo para conocer el estado de conservación de la carpeta asfáltica de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.
- b. Plantear una propuesta de diseño de la carpeta asfáltica que satisfaga los requerimientos actuales de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

La evaluación del estado de conservación permitirá realizar una propuesta de diseño de la carpeta asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.

1.5.2 Hipótesis Específicos

- a. La identificación de las unidades de muestreo permitirá conocer el estado de conservación de la carpeta asfáltica en la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.
- b. La propuesta de diseño de la carpeta asfáltica logrará satisfacer los requerimientos actuales de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

De la revisión bibliográfica que estuvo orientada determinar a las tesis que han efectuado investigaciones relacionados con la evaluación de las patologías funcionales y estructurales utilizando el método Pavement Condition Index y la metodología de diseño AASHTO 93; los cuales se señalan a continuación:

Salamanca, M y Zuluaga, S. (2014) indican en la tesis titulado “Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del César”, investigación para obtener el título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos por la Universidad Católica de Colombia – Colombia, el cual presenta como objetivo principal, diseñar las estructuras de pavimento flexible por medio de los métodos Invias para medios y altos volúmenes de tránsito, AASHTO 93 e Instituto del asfalto para la vía La Ye - Santa Lucia – Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 A K25+750. Los suelos encontrados en los 6.5 Km de la vía corresponden a limos-arcillosos y arenas. La estructura de pavimento diseñadas para la vía la Ye Santa Lucia Barranca Lebrija podrán soportar solicitudes para un tráfico de 0.51 millones de ejes equivalentes de 8.2 ton teniendo suelos de tipo limo-arcillosos y areno- limosos, para un periodo de diseño de 10 años.

Cedeño (2014) indica en la tesis titulada “Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según AASHTO 93”, tesis para obtener el título de Ingeniero Civil por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil – Ecuador, considera como objetivo principal, diseñar utilizando la metodología AASHTO 93 que permitan considerar la temperatura a las que está expuesta el pavimento flexible y su incidencia en el tipo de daño por fatiga. Se puede observar en los resultados que se presenta mediante tablas la estructura de pavimento que están sujetos a las más altas temperaturas en el Ecuador son principalmente los pavimentos de la costa, sin embargo a bajas temperaturas se debe tomar en cuenta el aumento de rigidez de la capa asfáltica que de no tener suficiente resistencia puede fatigarse con más facilidad que una capa asfáltica más flexible, la región amazónica

tiene temperaturas que están entre los 2 topos que son la sierra y la costa mostrando un comportamiento favorable durante una temporada del año.

Rodríguez (2009) en su investigación “Cálculo del Índice de Condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla - Piura”, desarrollado por Rodríguez Velásquez, E. en el año 2019. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad de Piura, sostiene que el objetivo es desarrollar el método PCI, para analizar la capa de rodadura de la vía investigada, se evaluaron 1 200 m. para determinar las fallas presentes y el estado como se encuentran. Finalmente, la investigación utiliza la metodología PCI, obteniendo un valor del Índice de condición ponderado igual a 49, con lo que se califica el estado del pavimento como REGULAR, además se verifica que se han realizado mantenimiento en el año 2008, por lo que las presencias de fallas son mínimas, desarrollando solo fallas funcionales o superficiales. Finalmente, las recomendaciones, solo se mencionaron algunas técnicas de reparación para las fallas determinadas.

Guzman (2017) en su tesis “Evaluación superficial del pavimento flexible de la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay tramo Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Basadre y Forero, aplicando el método del PCI”, desarrollado por Guzmán Navarro, Marco Antonio C. en el año 2017. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada de Tacna, donde indica que la metodología utilizada es el PCI desarrollando inspección visual para encontrar las fallas presentes, la evaluación con la metodología PCI ayuda a procesar y determinar la condición del pavimento mediante una calificación de la condición del pavimento. Los resultados del índice de condición de la Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Basadre y Forero, fueron para el tramo 01 de buena condición y para el tramo 02 de buena condición.

Vergara (2015) en su tesis “Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay – Ingenio del KM 0+000 al KM 1+000, 2014”, desarrollado por Vergara Vicuña, Antony L. en el año 2015. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional del Centro del Perú, en esta investigación se utiliza la metodología PCI (Índice de Condición del Pavimento) metodología más utilizada por su objetividad, se evaluó 01 km de longitud, levantando a detalle con dicha metodología para la calificación del estado del pavimento.

Se evaluaron 28 unidades de muestreo, obteniendo resultados de las unidades de muestreo un estado de pavimento malo (PCI entre 25 y 40); considerando el total de las unidades de muestreo calculamos el PCI ponderado del Km 0+000 al Km 1+000 del tramo Quichuay – Ingenio, resultando igual a 35, calificación del estado del pavimento MALO, este resultado determina el tipo de intervención, que viene a ser una rehabilitación.

Zapata (2017) indica en su tesis titulada “Determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible de la calle Lima del asentamiento humano San Pedro, distrito Piura, provincia de Piura y departamento de Piura, noviembre 2017”, desarrollado por Zapata Díaz, Alexander M. en el año 2017. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Católica los Ángeles Chimbote, considera como objetivo evaluar y determinar la incidencia de las fallas presentes en el pavimento flexible de la calle Lima del asentamiento humano San Pedro del distrito de Piura. En la determinación y evaluación de las fallas presentes del pavimento flexible de la calle Lima, se consideraron 21 unidades de muestreo en un área de 228.6 m². En la evaluación de las unidades de muestreo se utilizó la metodología del PCI para identificar las fallas presentes en cada unidad el área afectada y la severidad como se encuentra. Se obtiene un PCI ponderado igual a 56.14, una calificación del estado del pavimento BUENO, considerando como la falla más predominante el pulimento de agregados.

Flores (2016) en su tesis titulada “Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento rígido y condición operacional en la avenida Perú del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, agosto - 2016”, desarrollado por Flores Huamán, Edgar G. en el año 2016. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Católica los Ángeles Chimbote, sostiene que se evaluó todas las patologías del concreto para determinar el índice de condición del pavimento de la avenida Perú del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, considerando como objetivo general determinar el índice de condición del estado del pavimento, a través de la evaluación de las fallas presentes en la avenida. Los resultados de la avenida Perú presenta un índice de condición igual a 14, resultado que califica el estado de pavimento MUY MALO.

Rabanal (2014) en su tesis titulada “Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento, Cajamarca - 2014”, desarrollado por Rabanal Pajares, Jaime E. en el año 2014. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, utiliza la metodología PCI, desarrollado en varios países de América Latina. En la calificación del estado del pavimento de la vía de evitamiento Norte se utiliza la metodología del PCI; los valores son desde cero hasta 100. La evaluación se desarrolla mediante inspecciones visuales en el tramo de muestreo. La geometría de la vía es de dos carriles, con calzada de 6.10 m en una longitud de 2.4 km, considerando un área de 14 640 m². El tramo de evaluación considera 64 unidades de muestreo, resultando un PCI ponderado igual 49, calificación REGULAR.

Ramos (2011) en su tesis titulada “Determinación y Evaluación de las patologías del concreto en las plataformas deportivas de las instituciones Educativas Estatales del Distrito de Tumbes, Provincia de Tumbes, Departamento de Tumbes”, desarrollado por Ramos, E. en el año 2011. Tesis desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Tumbes, considera el estudio del estado funcional de las losas deportivas en II.EE. de Tumbes, donde se evalúan las fallas presentes y los deterioros en el poco tiempo de uso. Analiza las altas temperaturas que se presenta en Tumbes, por lo que se puede deducir como un factor importante dentro de las fallas encontradas en el concreto usado para las losas deportivas. En la investigación su objetivo es la determinación del índice de condición del pavimento rígido, para ello se utilizó la metodología del PCI que consiste en la evaluación de las fallas presentes y algunas anomalías de acuerdo a la aplicación de la metodología del PCI. Finalmente se obtiene como resultado un PCI igual a 80, calificando el estado de conservación “muy bueno”.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Estado de Conservación del Pavimento

Referirnos a los pavimentos, es hacer mención en estructuras cuya finalidad es absorber fuerzas de tráfico actuantes por causa de la circulación de vehículos. En este entender es que cuando existe un aumento del tráfico vehicular por diversas causas que lo originen, se produce un deterioro del pavimento, lo que se materializa en la pérdida de la elasticidad del pavimento.

2.2.1.1 Conservación Vial

Actividades que se desarrollan para mantener todas las vías en buenas condiciones de seguridad, comodidad y confort a un costo mínimo para el usuario. (Moreno, L; Parrales, G; Cobos, D; Cordero, M; Peralta, J; Ponce, F; Baque, B, 2018)

Las carreteras son consideradas como patrimonio nacional razón por el cual deben ser conservadas en buenas condiciones para un tránsito seguro y con bajo costo al usuario, con velocidad apropiada. Una conservación aumenta el costo cuando no se realiza un adecuado mantenimiento lo cual recae en el usuario, aumentando molestias e inseguridad. El análisis de lo indicado esta la importancia de la conservación vial.

2.2.1.2 Evaluación de pavimentos

Viene a ser el estado en el que se encuentra la superficie de rodadura y estructura total, lo cual ayuda evaluar las medidas de mantenimiento. Con la evaluación se determina la forma como prolongar su vida útil del pavimento. La importancia de la evaluación radica en que permite conocer a tiempo las fallas presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una adecuada transitabilidad. Asimismo, con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto. La evaluación de pavimentos, permite optimizar los costos de rehabilitación, porque detectado a tiempo las fallas o deterioros presentes ayuda a prolongar la vida útil del pavimento por lo tanto también permite el ahorro.

Finalmente, Leguía, P y Pacheco, H (2016) recalcan que la evaluación de pavimentos permite conocer el estado situacional del pavimento, ayuda a establecer medidas correctivas, ahorrando costos, para cumplir objetivos de serviciabilidad.

2.2.1.3 Tipo de fallas en los pavimentos

- Fallas de Superficie

Son las fallas o patologías solo en la superficie, también son llamados fallas funcionales, y que no guardan relación con la estructura de la calzada los cuales se ven en la Figura 8 y Tabla 1.

La solución a estas fallas es efectuando solo el bacheo o un tratamiento superficial.

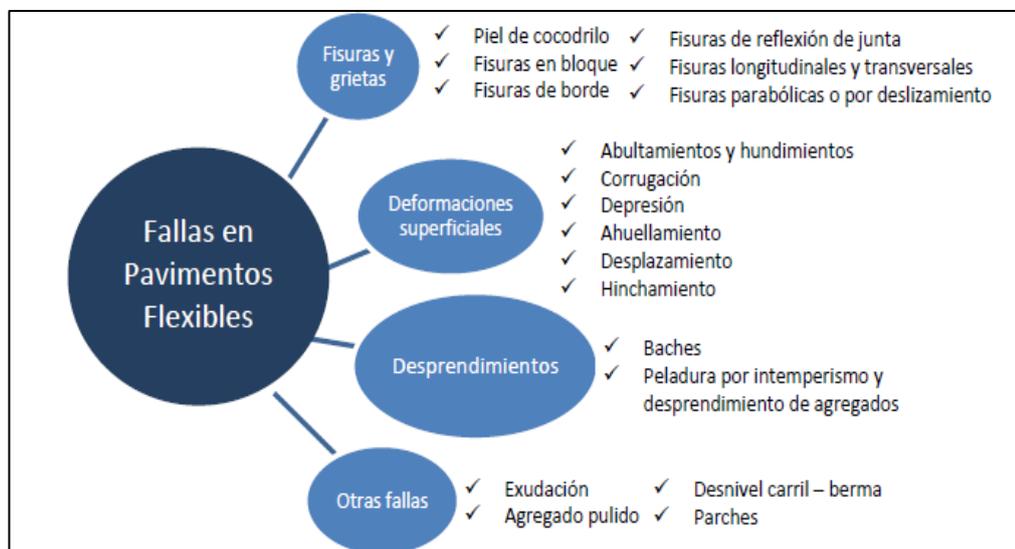
- Fallas Estructurales

Son las fallas de la superficie de rodadura, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, son las afectaciones a la base granular o a la subrasante, los cuales resisten al tránsito y a los factores climáticos.

La solución a estas fallas es la colocación de capas asfálticas encima del pavimento y así pueda soportar a las exigencias del tránsito presente y futuro. (Corros, 2015).

Figura 8

Fallas en pavimentos flexibles



Nota. Fallas consideradas por el Método del PCI

Tabla 1*Tipos de fallas en el pavimento flexible*

N°	Tipo de falla	Unidad de medida
1	Piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²
4	Abultamiento y hundimiento	m ²
5	Corrugación	m ²
6	Depresión	m ²
7	Grietas de borde	m
8	Grietas de reflexión de junta	m
9	Desnivel Carril/Berma	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Parqueo	m ²
12	Pulimiento de agregados	m ²
13	Baches o huecos	und.
14	Cruce de vía férrea	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Desplazamiento	m ²
17	Grieta parabólica	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Desprendimiento de agregados	m ²

Nota. Fallas consideradas por el Método del PCI

2.2.1.4 Pavimentos

De acuerdo con Gomez (2014) viene a ser un elemento estructural que está conformado por 3 capas de material clasificado (capa de rodadura, base granular y subbase granular) y está entre el terreno natural y la capa de rodadura, la estructura considera soportar cargas estáticas y transmitir las a las capas inferiores de forma proporcional. La estructura considera la subbase granular, base granular y la carpeta asfáltica, que descansa sobre la subrasante o terreno natural con una buena capacidad de soporte (CBR).

El diseño de pavimentos de la estructura es para brindar al usuario comodidad y seguridad cuando transite sobre la estructura, el pavimento debe ser capaz de soportar grandes esfuerzos aplicados por el tráfico vehicular, y debe presentar una rugosidad adecuada. Por lo que, debe realizar un mantenimiento rutinario y periódico para prolongar su vida útil y mantener la comodidad para los usuarios.

a) Tipos de Pavimentos

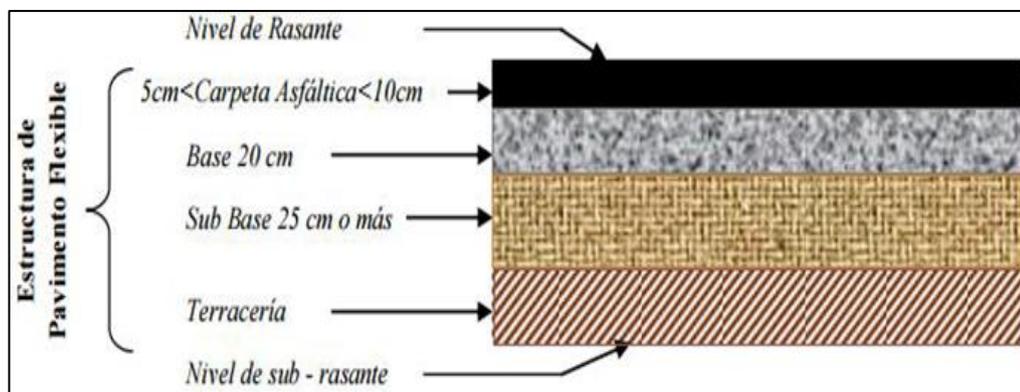
Se conocen, los asfálticos flexibles, rígidos y mixtos, se diferencian principalmente en el momento de distribuir las cargas sobre el pavimento.

- Pavimento flexible

Es conocido por el uso del asfalto en frío o en caliente, y está conformado por capas, la capa de rodadura que tiene contacto directo con el tráfico vehicular tal como se puede ver en la Figura 9. El proceso constructivo del pavimento flexible es la utilización de varias capas, donde la carpeta asfáltica descansa sobre una base granular y subbase compactada mecánicamente.

Figura 9

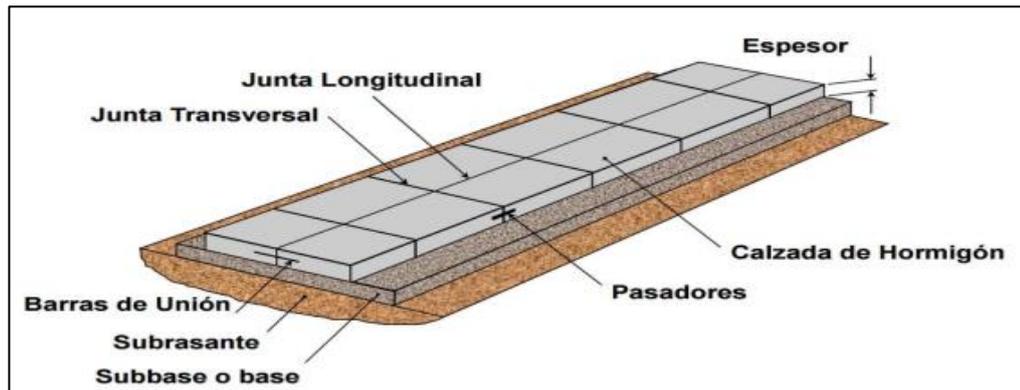
Estructura básica de un pavimento flexible



Nota. Adaptado de Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau - Trujillo, La Libertad, por Gomez (2014)

- Pavimento Rígido

También llamado pavimento hidráulico, viene a ser una losa de concreto simple y en ocasionales casos se colocan acero como refuerzo tal como se observa en la Figura 10. El pavimento rígido presenta deformaciones pequeñas porque el concreto ofrece resistencia, por lo que presenta mayor rigidez, y la desventaja en la construcción resulta muy costosa en comparación del pavimento flexible.

Figura 10*Estructura básica de un pavimento rígido*

Nota. Adaptado de Instituto del Cemento Portland Argentino, por Calo (2012)

2.2.1.5 Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos

a) Mantenimiento

Viene a ser las actividades rutinarias, periódicos o de emergencia, para lograr que la vía mantenga su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad, para lograr la satisfacción de los usuarios.

- Mantenimiento rutinario

Son los trabajos permanentes y menores, cuyo objetivo es proteger y preservar la funcionalidad superficial de la infraestructura vial, para cumplir su periodo de vida de acuerdo al diseño, considerar la disminución de su capacidad estructural producto del alto tráfico u otros agentes externos.

- Mantenimiento periódico

Viene a ser los trabajos de rehabilitación, reconstrucción, que se ejecutan en forma programada. El mantenimiento periódico considera trabajos de tratamiento y trabajos de reconstrucción de la superficie de rodadura.

- Rehabilitación

Trabajos que ayudan a recuperar el pavimento las mismas condiciones de seguridad y comodidad, es decir el mismo nivel de servicio, y estas pueden ser

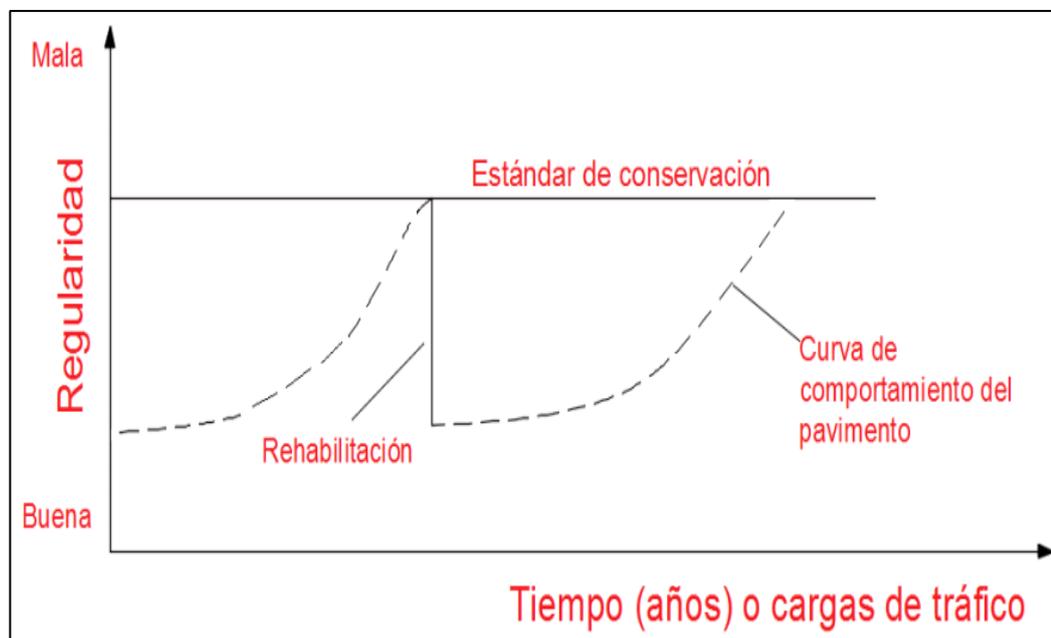
rehabilitación superficial y estructural. Una rehabilitación superficial, significa colocar una capa delgada de mezcla asfáltica en frío o en caliente. Una rehabilitación estructural viene a ser una reconstrucción total.

2.2.1.6 Ciclo de vida de los pavimentos

Camacho, (2015) nos dice que la determinación de la capacidad de soporte del sistema pavimento-subrasante en una evaluación de la estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, se establece o se cuantifica la necesidad de rehabilitación o su reconstrucción, cuando está cerca el fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función como se puede ver en las Figuras de la 11 a la 14.

Figura 11

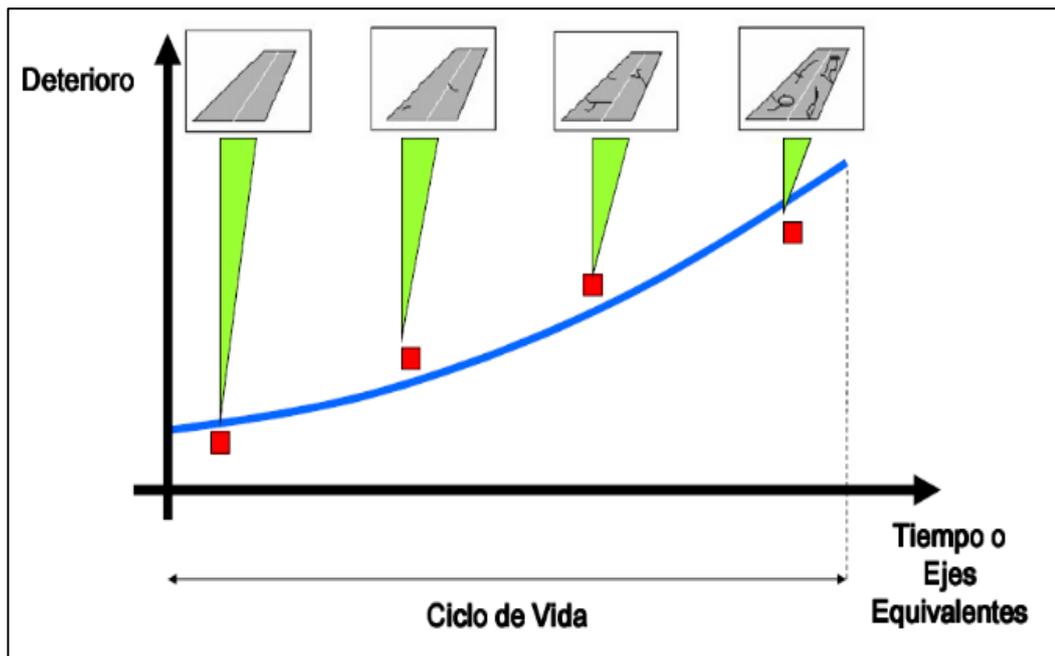
Curva de comportamiento del pavimento



Nota. Adaptado de Analisis del ciclo de vida de los pavimentos asfálticos, Camacho (2015)

Figura 12

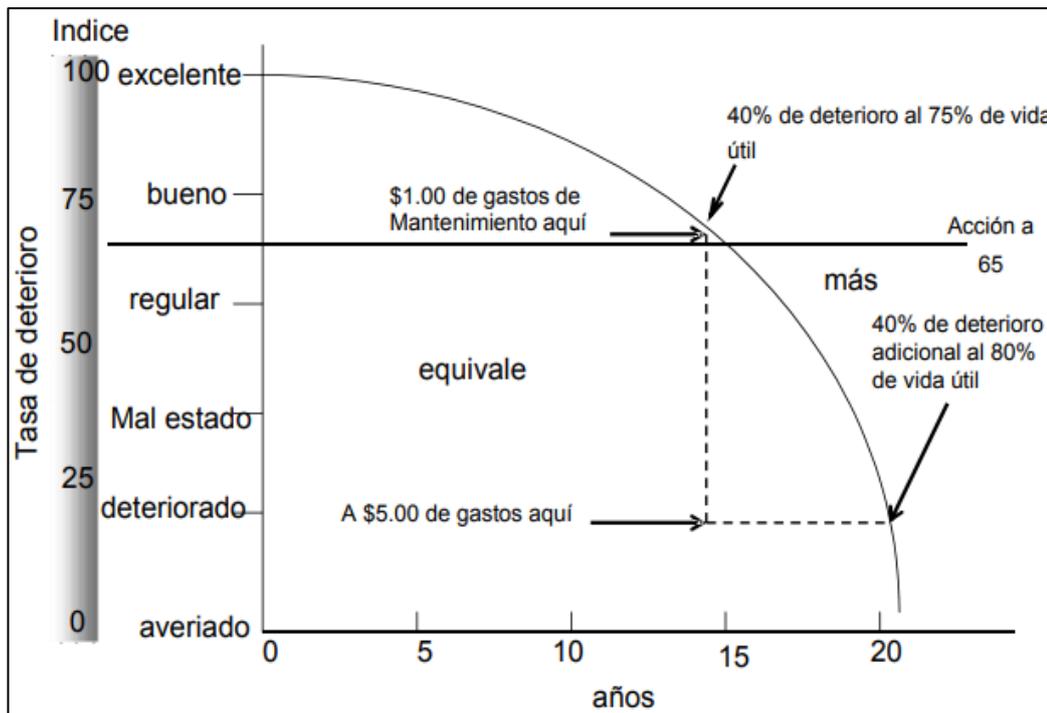
Curva de deterioro del pavimento



Nota. Adaptado de Planificación y gestión de la Infraestructura Vial. Modelación del comportamiento de Pavimentos/Pérdida de serviciabilidad, por Carcial (2015)

Figura 13

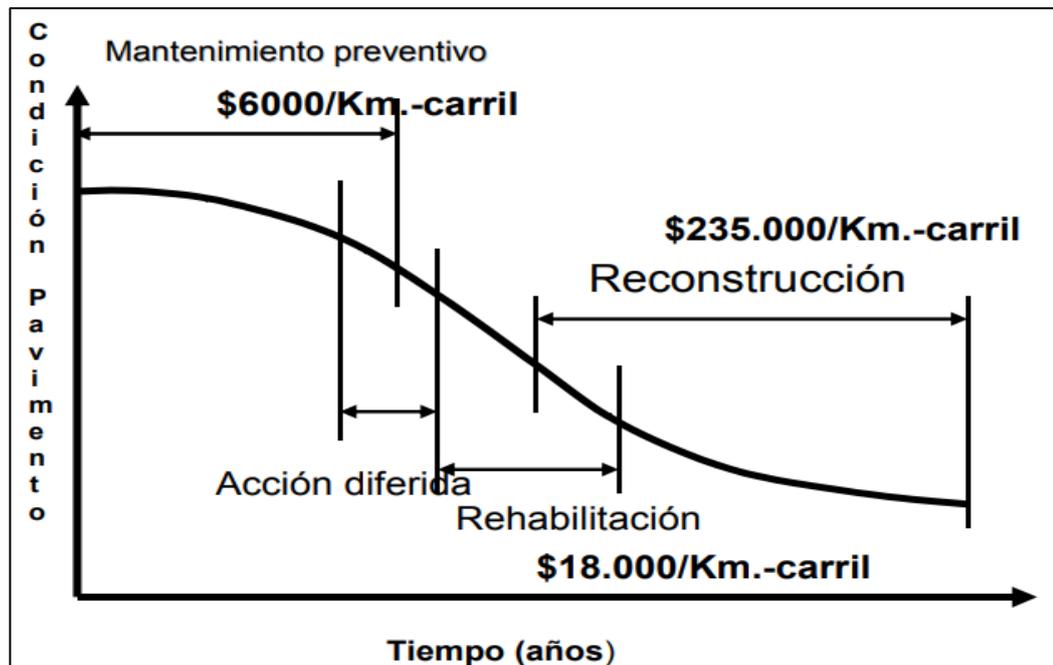
Curva de deterioro del pavimento



Nota. Adaptado de Conservación de pavimentos: Metodología y Estrategias, por Delmar (2004)

Figura 14

Costos relativos de mantenimiento preventivo, rehabilitación y reconstrucción



Nota. Adaptado de Conservación de pavimentos: Metodología y Estrategias, por Delmar (2004)

2.2.2 Método Pavement Condition Index (PCI)

2.2.2.1 Métodos de evaluación

Se conocen varios métodos de evaluación de pavimentos, aplicables a calles y carreteras, los más destacados o conocidos son, Vizir, FHWA/OH99/004, y ASTM D 6433-99 (PCI) aplicables (Medina, R; Farro, D, 2018).

2.2.2.2 Método PCI

La metodología del PCI, es el método más aplicable y completa para la evaluación y calificación funcional de los pavimentos flexibles y rígidos, dentro de la conservación vial en el Perú. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales son mencionadas más adelante.

La evaluación con el PCI la parte superficial del pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad de las fallas. Para los cálculos de la determinación considerando los tres factores ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para determinar las dificultades se introdujeron los “valores deducidos”, como un factor de ponderación, con la finalidad de conocer el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento. (Vásquez, 2002).

El valor del PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado tal como se puede apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2

Rangos de calificación del PCI

PCI	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Nota. Adaptado de Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, por Vásquez (2002)

La determinación del valor del PCI viene a ser los resultados obtenidos de una inspección visual de las fallas y deterioros del pavimento en el cual se considera CLASE, SEVERIDAD Y CANTIDAD que cada daño representa. El PCI considera obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. (Vásquez, 2002)

2.2.2.3 Severidad

La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión, entre más severo sea el daño, mas importante deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así

que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito: *bajo (l)*, *medio (m)*, *alto (h)*

2.2.2.4 Extensión

Se considera dividir en unidades de muestreo en campo, cada sección, no puede exceder el rango de $230\text{m}^2 \pm 93\text{m}^2$.

2.2.2.5 Determinación de unidades de muestreo para evaluación

Vásquez (2002) nos indica que se calcula un valor estadísticamente adecuado, el número mínimo de unidades de muestra "n" a ser inspeccionadas en una sección dada, es calculado empleando la Ecuación 1 y redondeando el valor obtenido de "n" al próximo número entero mayor.

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2} \quad (1)$$

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e= 5%).

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades, se asume valor 10 para pavimento flexible y 15 para pavimento rígido.

Cuando el número de unidades de muestreo sea inferior a 5, se considera el total de las unidades de muestreo para su evaluación.

2.2.2.6 Selección de unidades de muestreo para inspección

Una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionados esté definido, se debe calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento "i" de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la Ecuación 2 redondeando el resultado al próximo número entero menor.

$$i = \frac{N}{n} \quad (2)$$

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número total de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, redondeando al número inferior.

2.2.2.7 Cálculo de los valores deducidos (VD)

A cada unidad de muestra seleccionada para la inspección, se la registra individualmente, y se le detecta el tipo, severidad y cantidad de fallas, los cuales se deben registrar en el formato de campo que se puede apreciar en la Figura 15, los cuales se repiten el procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

Figura 15

Hoja de registro de campo

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA								
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA:			
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:						
HOSPICIO	km 2 + 976	T295						
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m ²):						
	km 3 + 008	230.4						
INSPECCIONADA POR:			FECHA:					
MACHACA - FALCON			2/09/2020					
No.	Daño	No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo	11	Parcheo					
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimien	14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación	15	Ahuellamiento					
6	Depresión	16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento					
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido
6	H	25.2				25.200	10.938	
11	L	7.92				7.920	3.438	
19	M	190.88				190.880	82.847	
						0.000	0.000	
						0.000	0.000	
						0.000	0.000	
						0.000	0.000	
						0.000	0.000	
						0.000	0.000	

Nota. Adaptado de Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, por Vásquez (2002)

2.2.2.8 Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

Vásquez (2002) nos indica que se e ordena de mayor a menor los valores deducidos obtenidos anteriormente y se determina el número máximo de valores deducidos (m) de acuerdo a la Ecuación 3 y será el nuevo número de valores deducidos.

$$m = 1,00 + \frac{9}{98} (100,00 - HDVi) \quad (3)$$

Dónde:

M: Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.

HDVi: Mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

2.2.2.9 Cálculo del máximo valor deducido corregido, VDC

El cálculo se obtiene mediante un proceso iterativo y consiste en determinar el número de valores deducidos mayores que 2 que se denomina “q” (cantidad de datos), luego se determina el Valor deducido total que resulta de sumar todos los valores individuales y para obtener el valor del VDC se debe recurrir al uso del cuadro, se debe repetir el procedimiento de tal forma en que cada iteración se reduzca a 2 el dato de menor valor de los que hayan superado el valor deducido de 2, que junto al valor deducido total que no cambiara de valor se debe ingresar al ábaco y calcular el valor correspondiente de VDC y con la ayuda de la Tabla 3 se tomará el mayor y este será el máximo valor deducido corregido (VDC).

Tabla 3

Formato para la obtención del Máximo Valor Deducido Corregido

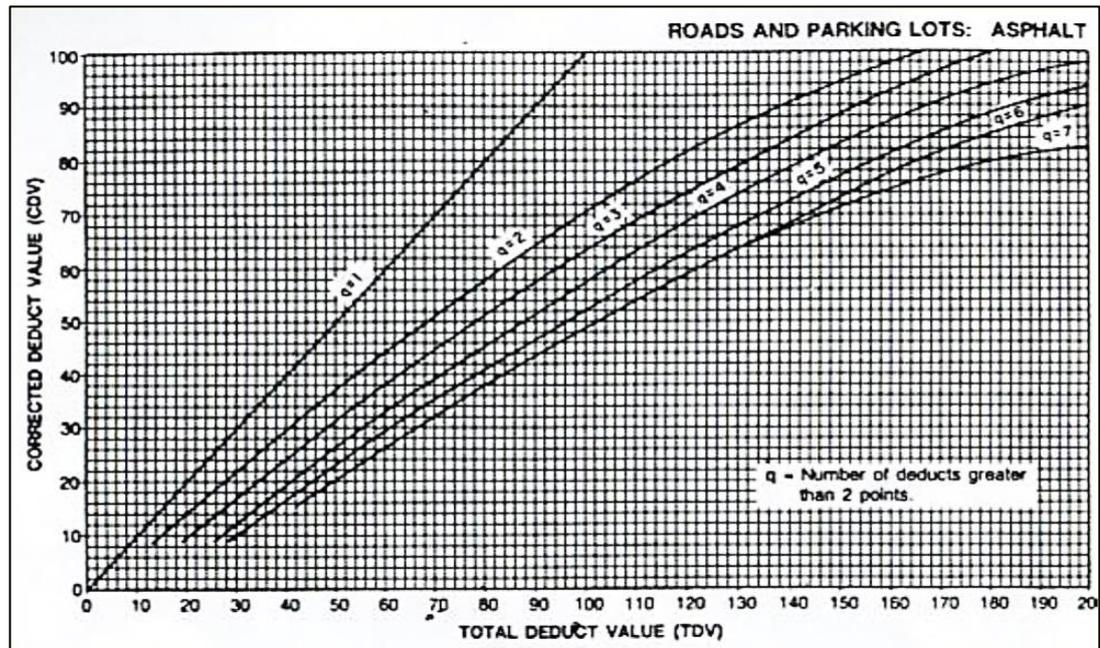
Nº	Valores Deducidos	Total	q	V.D.C.
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Max. V.D.C.

Nota. Formato usado para obtener los VDC, por Vásquez (2002)

Figura 16

Curvas de corrección del Valor Deducido para pavimento flexible



Nota. Manual de Evaluación de pavimentos

2.2.2.10 Determinación PCI de unidades de muestreo

El máximo valor deducido corregido (VDC) ayuda a determinar el PCI utilizando la Ecuación 4:

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV} \quad (4)$$

Dónde:

Máx. CDV = Máximo valor deducido corregido

PCI = Índice de condición de pavimento.

2.2.2.11 Determinación PCI de sección

Para Vásquez (2002) si todas las unidades de muestreo son inventariadas o si todas las unidades de muestra inspeccionadas son escogidas en forma aleatoria, entonces el PCI de la sección es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra inspeccionadas y vemos en la Ecuación 5.

$$PCI_s = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{n \sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad (5)$$

Dónde:

PCIr = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria.

PCIri = PCI de la unidad de muestra aleatoria "i"

Ari = Área de la unidad de muestra aleatoria "i"

N = Número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas.

2.2.2.12 Clasificación del pavimento según el PCI

La calificación o clasificación del estado del pavimento se realiza obteniendo el valor del PCI calculado para cada vía como se observa en la Tabla 4. Se aprecia además el estado del pavimento asociado a este mismo valor.

Tabla 4

Intervención de acuerdo al PCI

PCI	Estado	Intervención
0 – 30	Malo	Reconstrucción
31 – 70	Regular	Rehabilitación
71 -100	Bueno	Mantenimiento

Nota. Adaptado de Pavement Management for Airports Roads and Parking Lots, por Shahin (2005)

2.2.3 Metodología AASHTO 93

La metodología de la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte, AASHTO se desarrolló en base a pruebas en autopistas entre los años 1959 y 1960, este método se basa en la guía AASHTO 1993 de diseño y estructuras de pavimentos, donde el comportamiento está relacionado a diferentes ecuaciones y ábacos que se definieron en 1961 con el experimento de carreteras de la AASHO, viene a ser la metodología más usada en todo el mundo.

2.2.3.1 Parámetros de diseño

a) Variables de entrada

La metodología AASHTO 93 utiliza en el diseño factores o variables como periodo de diseño, ESAL de diseño, nivel de confiabilidad, y se ve en la Tabla 5.

Tabla 5*Periodo de análisis y diseño*

Tipo de carretera	Periodos (años)	
	Análisis	Diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30-50	15-20
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20-50	15-20
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15-25	5-12
Afirmada con bajos volúmenes de tránsito	10-20	5-8

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

- ESAL de diseño

Considera el volumen del tráfico res decir la acumulación de cargas equivalentes en el carril de diseño, este volumen representado numéricamente viene a ser el dato más importante utilizado para el diseño estructural de un pavimento.

En la metodología AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos de cálculo, se los transforma en número equivalente de ejes tipo de 80 kN o 18 kips (18,000 libras). A estos ejes se le denomina ESAL, que significa Carga de Eje Equivalente Simple o en inglés. "Equivalent Single Axle Load"

- Nivel de confiabilidad (R)

Viene a ser la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones ambientales a las que están sujetas como podemos ver en la Tabla 6.

Tabla 6*Niveles recomendados de Confiabilidad*

Clasificación funcional de la vía	Nivel recomendado de confiabilidad (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas	85-99,9	80-99,9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

- Desviación Normal Estándar (ZR)

Este valor de desviación normal estándar se relaciona directamente con el nivel de confiabilidad seleccionado, ver Tabla 7:

Tabla 7

Valores de desviación normal estándar

Confiabilidad (r)	Valor de 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
99,99	3,750

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

- Desviación estándar del sistema (So)

Viene a ser las condiciones locales de la zona de investigación, son los índices experimentales obtenidos por la AASHTO respecto a los diferentes materiales y etapas constructivas del pavimento.

Es un valor que considera la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y otros factores que afectan el comportamiento del pavimento, ver Tabla 8.

Tabla 8

Valores recomendados para la desviación estándar (S_o)

Condición	Pavimento rígido	Pavimento flexible
En construcción nueva	0,35	0,40
En sobre capas	0,45	0,50

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

- Nivel de serviciabilidad (ΔPSI)

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado.

Los índices de serviciabilidad inicial (p_o) y final (p_t), deben ser determinados para el cálculo de la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) como esta en la Ecuación 6, y califican en un rango de 0 a 5.

$$\Delta PSI = p_o - p_t \quad (6)$$

El valor determinado por la AASHTO para el pavimento flexible es de 4.2.

2.2.3.2 Materiales para el diseño

Para AASHTO 93, las capas del pavimento flexible se determinan por su módulo resiliente y para la carpeta asfáltica a través del módulo elástico.

- a) Módulo Resiliente de la Subrasante (M_r).

Conocidas las propiedades de la subrasante como su CBR, se puede determinar el módulo resiliente usando las ecuaciones 7,8 y 9:

$$\text{Para } CBR < 10\%Mr = 1500 \times CBR \text{ (psi)} \quad (7)$$

$$\text{Para } 10\% < CBR < 20\%Mr = 3000 \times CBR^{0.65} \text{ (psi)} \quad (8)$$

$$\text{Para } CBR > 20\%Mr = 4326 \times \ln(CBR) + 241 \text{ (psi)} \quad (9)$$

b) Coeficientes estructurales de los materiales

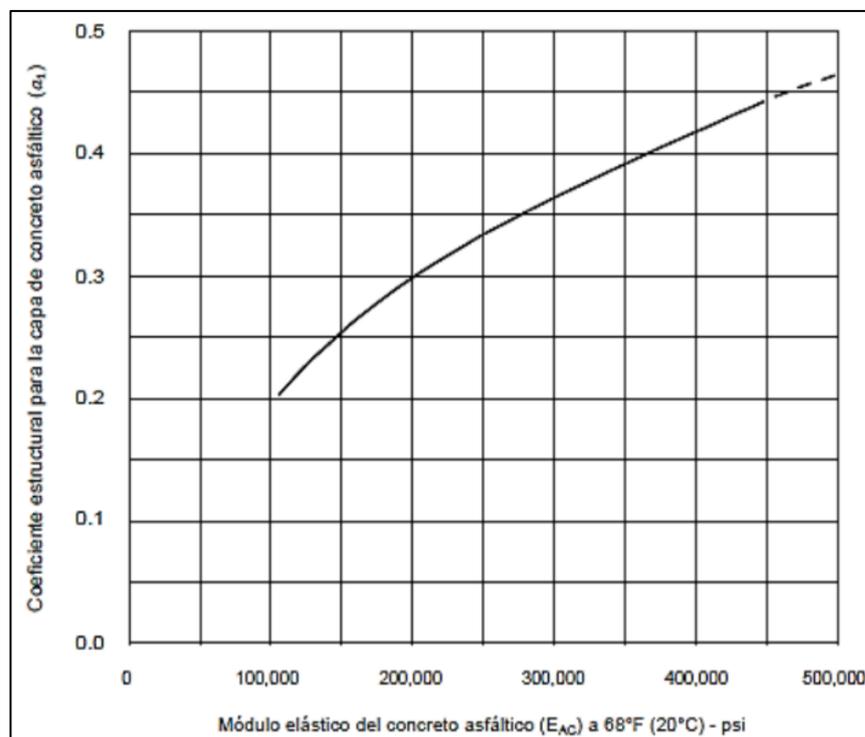
Los coeficientes de capa (a_i) se obtienen a través de ábacos que proporciona la guía AASHTO 93, por lo que usamos el valor CBR que se obtiene de laboratorio, estudio de suelos, siempre cumpliendo manual MTC.

c) Concreto asfáltico

Se determina usando el módulo elástico dinámico (E_{ca}) = 450,000 psi, ver Figura 17.

Figura 17

Determinación del coeficiente estructural a_1



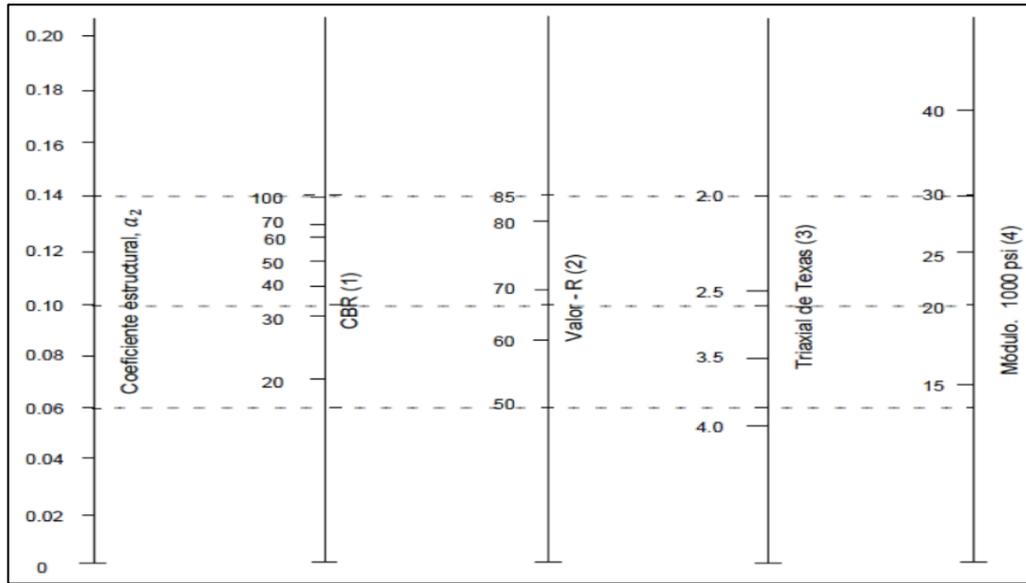
Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

d) Base granulares

Con el valor de CBR, Valor R o Triaxial de Texas, se puede encontrar el valor (a_2) para la base granular ver Figura 18.

Figura 18

Abaco para calcular el coeficiente estructural a_2



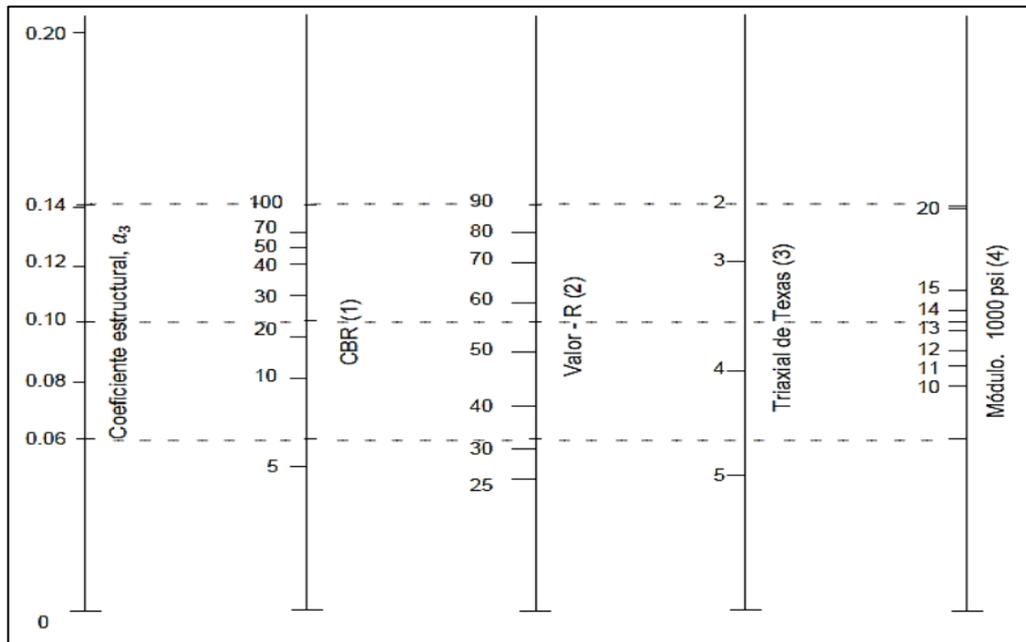
Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

e) Subbase granular

Con el valor de CBR, Valor R o triaxial de Texas, el ábaco de la Figura 19 se emplea para calcular a_3 .

Figura 19

Abaco para calcular el coeficiente estructural a_3



Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

f) Coeficiente de drenaje(mi)

La metodología AASHTO considera coeficientes de drenaje, en la base de la calidad de la misma en el pavimento.

El valor que considera el coeficiente depende de dos parámetros, la capacidad del drenaje, que se calcula de acuerdo al tiempo que tarda el agua en drenar del pavimento y el % de tiempo durante se encuentra expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación como se puede ver en las Tablas 9 y 10. (Lozano, 2015).

Tabla 9*Capacidad de drenaje*

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drena

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

Tabla 10*Valores sugeridos para el drenaje m_i*

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad, próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% a 5%	5% a 25%	Más del 25%
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

g) Determinación de espesores

Numero estructural SN, valor fundamental para determinar los espesores finales de todas las capas que conforman la estructura de pavimento como se puede ver en la Figura 20. (García, 2015).

AASHTO 93, obtiene a través de la Ecuación 10 el SN.

$$\log(W_{18}) = Z_R(S_0 = +9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5})}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log Mr - 8,07 \quad (10)$$

Donde:

W_{18} : número de cargas acumuladas equivalentes a un eje de 8.2 Ton, o también llamado ESAL de diseño.

Z_R : Desviación normal standard.

S_0 : Desviación standard total del sistema

APSI: Diferencia entre la serviciabilidad inicial y final

M_r : Módulo resiliente de la subrasante

SN : Indicador del valor de las cargas vehiculares y espesores totales del pavimento. Ver Ecuación 11.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \quad (11)$$

Donde:

a_1 = Coeficiente estructural la capa asfáltica

a_2 = Coeficiente estructural de la capa base

a_3 = Coeficiente estructural de la capa subbase

m_2, m_3 = Coeficiente de drenaje de la base y subbase

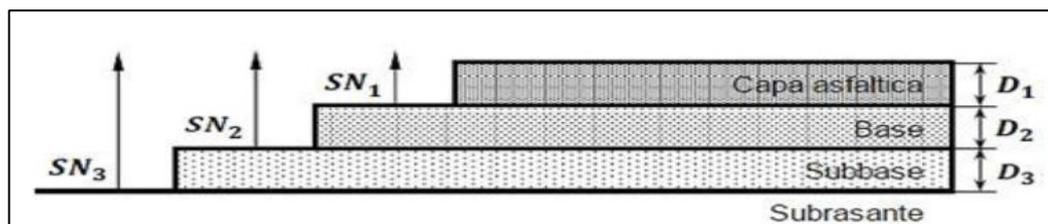
D_1 = Espesor de la capa asfáltica en pulgadas

D_2 = Espesor de la capa base en pulgadas

D_3 = Espesor de la capa subbase en pulgadas

Figura 20

Corte de pavimento flexible



Nota. Adaptado de Diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible en la H.U.P Villa Victoria del distrito de Nuevo Chimbote, mediante el método del Instituto del Asfalto y AASHTO, por Lozano (2015)

2.3 Definición de términos

2.3.1 Conservación Vial

Trabajos que se ejecutan para obtener un adecuado nivel de servicio, la durabilidad, seguridad y eficiencia máxima y mantener las características estéticas de la construcción.

Manual internacional de conservación de carreteras, *“Engloba aquel conjunto de actividades encaminadas a preservar tales vías en condiciones de circulación segura, cómoda y fluida a un mínimo costo global para la sociedad”*.

2.3.2 Falla funcional

Viene a ser las deficiencias superficiales presentes en la capa de rodadura, las fallas pueden surgir por la condición de la zona, tráfico, intemperismo entre otros. En algunos casos las fallas funcionales que no han recibido algún tratamiento, se convierten en falla estructural

2.3.3 Patologías

Viene a ser las fallas o enfermedades en la ingeniería, se conocen como lesiones, fallas o daños presentes en las obras como edificaciones, puentes, carreteras, etc. Pueden surgir en la etapa de construcción o por agentes atmosféricos, ocasionando problemas durante o después de la construcción, también pueden provocar pérdidas económicas y a veces humanas cuando es de alta severidad.

2.3.4 AASHTO 93

Viene a ser una metodología de diseño empírico, se desarrolló en los Estados Unidos en los años 60, realizándose ensayos a escala real durante 2 años en el estado de Illinois, con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representan deterioro-solicitación de las distintas secciones realizadas.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo Aplicada con enfoque cuantitativo, porque tiene la finalidad de orientar a lograr un nuevo conocimiento de manera sistémica y metódica, con el único objetivo de ampliar el conocimiento.

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de nivel cuasi - experimental, pues se centra en establecer las relaciones causales entre el estado de conservación del pavimento y la propuesta de diseño de la carpeta asfáltica. La base de la investigación está en la toma de datos en campo a través de un formato de evaluación de registro, cuyos resultados se representan en formatos de cálculo, diagramas de sectores y gráficos de barras

3.2 Población y/o muestra de estudio

3.2.1 Población

Comprende la carretera de Tacna – los Palos y Los Palos hacia la Carretera Panamericana Sur, Boca del Rio – Los Palos y la carretera costanera, una longitud total aproximada de 140.00 km.

3.2.2 Muestra

La muestra de la investigación comprende únicamente la carretera Hospicio-Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, longitud de 9.66 km.

3.3 Operacionalización de variables

3.3.1 Variable dependiente

Consideraremos como variable dependiente al diseño de la Carpeta Asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos.

3.3.1.1 Propuesta de Diseño de la Carpeta Asfáltica

- Definición conceptual.

Procedimiento por el cual se logra determinar los espesores y parámetros que garanticen un adecuado comportamiento estructural.

- Definición operacional.

Determinación de los parámetros de diseño de la estructura del pavimento flexible.

- Indicadores:

- Metodología de diseño AASHTO 93
- Módulo de resiliencia
- CBR
- Periodo de diseño.
- Condiciones de drenaje.
- Confiabilidad (R)
- Serviciabilidad.
- Análisis de tráfico.
- Numero estructural.
- Espesores de la estructura.

3.3.2 Variable Independiente

Consideramos como variable dependiente la evaluación del estado de conservación de la carretera Hospicio – Los Palos

3.3.2.1 Evaluación del Estado de Conservación

- Definición conceptual

Es el deterioro que se da por un mal diseño, incremento del tráfico, asimismo cuando se ha sobrepasado el periodo de diseño, produciéndose una pérdida en su elasticidad.

- Definición operacional

La metodología del PCI determina un valor del estado de condición actual del pavimento, observado del desgaste observado en la superficie del pavimento, lo que también indica la integridad estructural y la condición operacional de la superficie. (ASTM D6433-07).

- Indicadores:

- Parámetros de evaluación
- Serviciabilidad.
- Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.
- Ciclo de vida de los pavimentos.
- Pavimento flexible
- Determinación del estado de conservación del pavimento.
- Metodología PCI (Pavement Condition Index).
- Tipos
- Severidad
- Extensión
- Cálculo de los valores deducidos
- Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m).
- Determinación PCI de unidades de muestreo.
- Determinación PCI de sección

3.3.3 Operacionalización de las variables

Teniendo las dos variables que en este caso son el estado de conservación del pavimento y el diseño de carpeta asfáltica podemos tener una idea de la dimensión y los indicadores como se puede ver en la Tabla 11.

Tabla 11*Operacionalización de variables*

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores
Estado de conservación del pavimento	Se define estado de conservación de pavimento, al deterioro que se da por un mal diseño, incremento del tráfico, asimismo cuando se ha sobrepasado el periodo de diseño, presentándose una pérdida en su elasticidad.	Determinación de muestras Evaluación de resultados obtenidos	Selección de Tramos Selección de puntos por tramo Análisis mediante el método PCI Determinación del estado de conservación según escala.
Diseño de carpeta asfáltica	Es el procedimiento por medio del cual se logra determinar la combinación de materiales, espesores, y parámetros de estos, de tal forma que en su conjunto garanticen un adecuado comportamiento estructural	Estudio de trafico Determinación de materiales Periodo de diseño	Vehículos ligeros Vehículos pesados Agregados CBR Años clima

Nota. Variables basadas en la carretera Hospicio – Los Palos

3.4 Técnicas de recolección de datos

Son todos los métodos que usaremos para el desarrollo de nuestra tesis, datos los cuales posteriormente serán procesados.

3.4.1 Técnicas

- Observación.
- Formato de campo
- Metodología PCI
- Muestreo Calicatas
- Calculo CBR
- Aforos
- AASHTO93

3.4.2 Instrumentos

- Ficha o formulario de observación.
- Guías de observación y formatos de campo.
- Reportes de la metodología PCI.
- Reportes de aforo ficha MTC.
- Reportes de Campo PCI.
- Reportes CBR Laboratorio
- Odómetro manual
- Regla
- Conos de seguridad
- Plano de distribución.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

- Cálculo de severidad de las fallas.
- Cálculo de valor deducido.
- Cálculo de valor deducido corregido.
- Cálculo de PCI
- Hoja electrónica EXCEL
- Metodología AASHTO 93
- Cálculo CBR
- Cálculo ESAL de diseño
- Cálculo de espesores

3.5.1 Procedimiento de evaluación del estado de conservación

La primera etapa consiste en el trabajo de campo donde se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados del PCI. Luego la vía se divide en unidades de muestreo, los cuales varían de acuerdo al ancho de la calzada, luego calcular el área de la unidad de muestreo que varía entre $230.00 \pm 93.00 \text{ m}^2$

Se calcula el número mínimo de unidades de muestreo y con la ayuda del cálculo de los intervalos se selecciona las unidades de muestreo para la inspección, la primera muestra es al azar, tal como se observan desde la Figura 21 a la 53.

Figura 21

Marcado de fallas en el pavimento



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 22

Marcado de fallas en el pavimento



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 23

Marcado de fallas en el pavimento



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 24

Marcado de tramos que van a ser evaluados



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 25*Medición de parcheo**Nota. Carretera Hospicio - Los Palos***Figura 26***Medición de parcheo**Nota. Carretera Hospicio - Los Palos*

Figura 27

Medición de parcheo



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 28

Medición de parcheo



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 29

Medición de parcheo



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 30

Medición de parcheo



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 31*Medición de parcheo*

Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 32*Medición de parcheo*

Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 33

Medición de parcheo



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 34

Medición de parcheo



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 35

Medición de parcheo



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 36

Desnivel de carril berma



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 37*Huecos*

Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 38*Huecos*

Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 39*Huecos*

Nota. Elaboración Propia

Figura 40*Medición de parcheo*

Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 41

Grietas longitudinales y transversales



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 42

Grietas longitudinales y transversales



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 43

Grietas longitudinales y transversales



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 44

Grietas longitudinales y transversales



Nota. Elaboración Propia

Figura 45

Pulimiento de agregados



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 46

Pulimiento de agregados



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 47

Pulimiento de agregados



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 48

Pulimiento de agregados



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 49

Pulimiento de agregados



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 50

Agrietamiento en bloque



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 51

Cruce vía Férrea



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 52

Cruce vía Férrea



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 53

Cruce vía Férrea



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

El procedimiento de inspección para carpetas asfálticas para calcular el índice de condición para determinar un PCI confiable.

La calificación o clasificación del estado del pavimento se realiza obteniendo el valor del PCI calculado para cada vía. Se aprecia además el estado del pavimento asociado a este mismo valor.

Posterior a tomar las muestras para el cálculo del PCI, se realizó un conteo de aforo vehicular durante los 7 días de la semana como se puede observar desde la Figura 54 a la 60 para posteriormente calcular con estos datos el ESAL de diseño.

Figura 54*Conteo Vehicular**Nota. Carretera Hospicio - Los Palos***Figura 55***Conteo Vehicular**Nota. Carretera Hospicio - Los Palos*

Figura 56*Conteo Vehicular**Nota. Carretera Hospicio - Los Palos***Figura 57***Conteo Vehicular**Nota. Carretera Hospicio - Los Palos*

Figura 58

Conteo Vehicular



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 59

Conteo Vehicular



Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

Figura 60*Conteo Vehicular*

Nota. Carretera Hospicio - Los Palos

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Cálculo del PCI

- Determinación de la longitud de la unidad de muestreo mediante la Ecuación 12.

Se tiene un ancho de calzada de 7,20 m

$$\text{Longitud de muestreo} = 35,40 \text{ m} \frac{(6,50\text{m}-7,20\text{m})*(35,40\text{m}-31,50\text{m})}{6,50\text{m}-7,30\text{m}} \quad (12)$$

Longitud de muestreo = 32,00 m

Entonces se debe considerar 7,20 metros por lo que, se recomienda 32 metros de longitud por unidad de muestreo.

- Determinamos la unidad de muestreo

Para obtener el número de unidades mínimo de muestreo, se aplica la siguiente Ecuación 1:

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N-1) + \sigma^2} \quad (1)$$

Donde:

- n : Número mínimo de unidades de muestra.
- N : Número total de unidades de muestra para la sección del pavimento.
- e : Error admisible estimado del PCI de la sección (e=5.0%).
- Σ : Desviación estándar para el cálculo del PCI entre las unidades.

Primero calculamos el N con la Ecuación 13, en la zona de investigación.

$$N = \frac{\text{Longitud total de la vía (m)}}{\text{longitud de la unidad de muestra (m)}} \quad (13)$$

Donde:

N : Números total de unidades de muestra para la zona de investigación.

$$N = \frac{9660m}{32 m} \quad (13)$$

$$N = 302$$

Reemplazamos el valor obtenido en la Ecuación 1, para determinar la cantidad mínima de unidades de muestreo:

$$n = \frac{302*10^2}{\frac{5^2}{4}*(302-1)+10^2} \quad (1)$$

$$n = 15,00$$

- Determinamos el intervalo de las unidades de muestreo.

Se procede a calcular el intervalo de muestreo (i), para lo cual se utiliza la Ecuación 2:

$$i = \frac{N}{n} \quad (2)$$

Donde:

n : Número mínimo de unidades de muestra.

N : Número total de unidades de muestra disponible.

i : Intervalo de muestro.

Reemplazando los valores en la ecuación 2, obtenemos:

$$i = \frac{302}{15} \quad (2)$$

$$i = 21,0$$

Se evalúa las unidades de muestreo con un intervalo de 21, para la calzada de bajada, se considera las unidades de muestreo desde el inicio, los cuales son unidades de muestreo: 1, 22, 43, 64, 85, 106, 127, 148, 169, 190, 211, 232, 253, 274 y 295, hasta llegar al mínimo de unidades de muestreo.

- Determinamos el dato de campo por unidades de muestreo, tal como se puede ver desde la Figura 61 a la 75.

Figura 61

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 1

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA							
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA:	
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:					
HOSPICIO	km 0 + 000	T1					
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):					
	km 0 + 032	230.4					
INSPECCIONADA POR:			FECHA:				
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021				
No.	Daño	No.	Daño				
1	Piel de cocodrilo	11	Parcheo				
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados				
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de vía férrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)				
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.				
10	Grietas long. y transversal						
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido
13	M	14.71			14.71	6.38	
11	M	1.26	0.13	0.21	0.22	1.82	0.79
10	M	0.60	1.40	1.10	0.60	3.70	1.61
12	M	4.10				4.10	1.78
11	H	0.81	0.63	0.99		2.43	1.05
10	H	20.25				20.25	8.79

Nota. Elaboración Propia

Figura 62

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 2

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA							
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA:	
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:					
HOSPICIO	km 0 + 672	T 22					
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):					
	km 0 + 704	230.4					
INSPECCIONADA POR:			FECHA:				
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021				
No.	Daño	No.	Daño				
1	Piel de cocodrilo	11	Parcheo				
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados				
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de vía férrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)				
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.				
10	Grietas long. y transversal						
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido
11	M	9.72	0.30	0.45	6.65	17.128	7.434

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 63

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 3

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA								
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA:		
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:						
HOSPICIO	km 1 + 344	T 43						
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):						
	km 1 + 376	230.4						
INSPECCIONADA POR:			FECHA:					
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021					
No.	Daño	No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo	11	Parcheo					
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación	15	Ahuellamiento					
6	Depresión	16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento					
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido
7	M	38.00				38	16.493	
11	M	0.03	0.13	0.11	0.85	1.122	0.487	
11	H	0.40	0.11	0.15	0.24	0.894	0.388	
13	M	6.00				6	2.604	

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 64

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 4

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA								
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA:		
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:						
HOSPICIO	km 2 + 016	T64						
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):						
	km 2 + 048	230.4						
INSPECCIONADA POR:			FECHA:					
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021					
No.	Daño	No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo	11	Parcheo					
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación	15	Ahuellamiento					
6	Depresión	16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento					
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido
7	H	38.30	38.30			76.6	33.247	
11	M	0.09				0.0924	0.040	
13	H	1.00				1	0.434	

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 65

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 5

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I.ASFÁLTICA							
CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA							
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA:		
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:					
HOSPICIO	km 2 + 688	T85					
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):					
	km 2 + 720	230.4					
INSPECCIONADA POR:			FECHA:				
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021				
No.	Daño	No.	Daño				
1	Piel de cocodrilo	11	Parqueo				
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados				
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de vía férrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)				
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.				
10	Grietas long. y transversal						
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido
7	M	38.50	38.50		77	33.420	

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 66

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 6

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I.							
CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA							
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA:		
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:					
HOSPICIO	km 3 + 360	T106					
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):					
	km 3 + 392	230.4					
INSPECCIONADA POR:			FECHA:				
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021				
No.	Daño	No.	Daño				
1	Piel de cocodrilo	11	Parqueo				
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados				
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de vía férrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresión	16	Desplazamiento				
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)				
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.				
10	Grietas long. y transversal						
Daño	Severidad	Cantidades parciales			Total	Densidad (%)	Valor deducido
7	M	38.30	38.30		76.6	33.247	
10	M	6.38			6.38	2.769	
11	H	21.07			21.065	9.143	

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 67

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 7

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO								ESQUEMA:	
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:							
HOSPICIO	km 4 + 032	T127							
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):							
	km 4 + 064	230.4							
INSPECCIONADA POR:				FECHA:					
MACHACA - FALCON				3,10,16/01/2021					
No.	Daño		No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo		11	Parqueo					
2	Exudación		12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque		13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimientos		14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación		15	Ahuellamiento					
6	Depresión		16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde		17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta		18	Hinchamiento					
9	Desnivel carril / berma		19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
7	M	38.30	38.30			76.60	33.25		
11	M	0.22	0.14	0.18	0.66	1.20	0.52		
11	H	0.18	0.11	0.06	0.58	0.92	0.40		
13	H	0.05	0.13	0.08	0.09	0.35	0.15		
13	M	8.00				8	3.47		

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 68

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 8

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO								ESQUEMA:	
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:							
HOSPICIO	km 4 + 704	T148							
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):							
	km 4 + 736	230.4							
INSPECCIONADA POR:				FECHA:					
MACHACA - FALCON				3,10,16/01/2021					
No.	Daño		No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo		11	Parqueo					
2	Exudación		12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque		13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimientos		14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación		15	Ahuellamiento					
6	Depresión		16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde		17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta		18	Hinchamiento					
9	Desnivel carril / berma		19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
7	H	0.71	0.39	0.39	2.36	3.86	1.67		
11	M	38.30				38.30	16.62		

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 69

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 9

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA								
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA:		
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:						
HOSPICIO	km 5 + 376	T169						
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):						
	km 5 + 408	230.4						
INSPECCIONADA POR:			FECHA:					
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021					
No.	Daño	No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo	11	Parqueo					
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación	15	Ahuellamiento					
6	Depresión	16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento					
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido
7	M	38.30				38.3	16.62	
8	M	6.72				6.72	2.92	
11	M	0.32				0.32	0.14	

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 70

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 10

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA								
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA:		
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:						
HOSPICIO	km 6 + 048	T190						
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):						
	km 6 + 080	230.4						
INSPECCIONADA POR:			FECHA:					
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021					
No.	Daño	No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo	11	Parqueo					
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimien	14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación	15	Ahuellamiento					
6	Depresión	16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento					
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido
10	H	3.60	1.16	0.67	0.70	7.07	13.20	5.729
11	M	2.02	0.50	1.71	34.47	0.70	39.39	17.098
11	H	0.10	0.33	0.17	0.23	11.90	12.73	5.524
13	M	7.00					7.00	3.038
14	M	9.30					9.30	4.036

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 71

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 11

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I.									
CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO								ESQUEMA:	
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:		UNIDAD DE MUESTREO:						
HOSPICIO	km 6 + 720		T211						
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:		ÁREA DE MUESTREO (m2):						
	km 6 + 752		230.4						
INSPECCIONADA POR:			FECHA:						
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021						
No.	Daño		No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo		11	Parcheo					
2	Exudación		12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque		13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimientos		14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación		15	Ahuellamiento					
6	Depresión		16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde		17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta		18	Hinchamiento					
9	Desnivel carril / berma		19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
3	H	2.15	1.56			3.71	1.61		
7	M	38.30	38.30			76.60	33.25		
9	M	0.09				0.09	0.04		
10	M	5.10	4.56	4.18	3.54	17.38	7.54		
11	H	32.10	25.12	15.65	5.18	78.05	33.88		
12	M	189.92				189.92	82.43		
13	M	5.00				5.00	2.17		

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 72

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 12

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I.									
CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO								ESQUEMA:	
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:		UNIDAD DE MUESTREO:						
HOSPICIO	km 7 + 392		T232						
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:		ÁREA DE MUESTREO (m2):						
	km 7 + 424		230.4						
INSPECCIONADA POR:			FECHA:						
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021						
No.	Daño		No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo		11	Parcheo					
2	Exudación		12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque		13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimientos		14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación		15	Ahuellamiento					
6	Depresión		16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde		17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta		18	Hinchamiento					
9	Desnivel carril / berma		19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
3	H	62.37				62.37	27.07		
7	H	5.32	4.56	2.50		12.38	5.37		
9	M	0.07				0.07	0.03		
10	M	3.30	2.90			6.20	2.69		
11	H	15.56	5.18	4.64	1.98	27.36	11.88		
12	M	21.58	5.35			26.93	11.69		
13	M	2.00				2.00	0.87		

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 73

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 13

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA								
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA:			
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:						
HOSPICIO	km 8 + 064	T253						
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):						
	km 8 + 096	230.4						
INSPECCIONADA POR:			FECHA:					
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021					
No.	Daño	No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo	11	Parcheo					
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimien	14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación	15	Ahuellamiento					
6	Depresión	16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hincharamiento					
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido
3	H	32.15				32.15	13.95	
7	H	38.30	4.52	3.75	2.50	49.07	21.30	
10	M	5.20	3.54	1.85		10.59	4.60	
11	H	4.56	4.13	3.65	1.74	14.08	6.11	
13	H	1.00				1.00	0.43	

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 74

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 14

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I. CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA								
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA:			
ZONA:	PROGRESIVA INICIAL:	UNIDAD DE MUESTREO:						
HOSPICIO	km 8 + 736	T274						
CÓDIGO VÍA:	PROGRESIVA FINAL:	ÁREA DE MUESTREO (m2):						
	km 8 + 768	230.4						
INSPECCIONADA POR:			FECHA:					
MACHACA - FALCON			3,10,16/01/2021					
No.	Daño	No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo	11	Parcheo					
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados					
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos					
4	Abultamientos y hundimien	14	Cruce de vía férrea					
5	Corrugación	15	Ahuellamiento					
6	Depresión	16	Desplazamiento					
7	Grieta de borde	17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hincharamiento					
9	Desnivel carril / berma	19	Desprendimiento de agregados.					
10	Grietas long. y transversal							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido
3	H	12.50	5.32			17.82	7.73	
7	M	38.30	38.30			76.60	33.25	
10	H	5.36	3.56	2.55		11.47	4.98	
11	H	38.30	10.25	5.78		54.33	23.58	
13	M	5.00				5.00	2.17	

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Figura 75

Hoja de registro de campo – unidad de muestreo 15

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO P.C.I.									
CARRETERAS DE SUPERFICIE ASFÁLTICA									
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO								ESQUEMA:	
ZONA:		PROGRESIVA INICIAL:		UNIDAD DE MUESTREO:					
HOSPICIO		km 9 + 408		T295					
CÓDIGO VÍA:		PROGRESIVA FINAL:		ÁREA DE MUESTREO (m2):					
		km 9 + 440		230.4					
INSPECCIONADA POR:				FECHA:					
MACHACA - FALCON				3,10,16/01/2021					
No.	Daño			No.	Daño				
1	Piel de cocodrilo			11	Parcheo				
2	Exudación			12	Pulimiento de agregados				
3	Agrietamiento en bloque			13	Huecos				
4	Abultamientos y hundimien			14	Cruce de vía férrea				
5	Corrugación			15	Ahuellamiento				
6	Depresión			16	Desplazamiento				
7	Grieta de borde			17	Grieta parabólica (slippage)				
8	Grieta de reflexión de junta			18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril / berma			19	Desprendimiento de agregados.				
10	Grietas long. y transversal								
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido	
3	H	45.10	12.25			57.35	24.89		
7	H	5.10	4.23	2.51		11.84	5.14		
9	M	0.07				0.07	0.03		
10	H	1.15	0.96	0.56		2.67	1.16		
11	H	6.54	4.85	4.26	2.15	17.80	7.73		
12	M	51.25	21.21	3.22		75.68	32.85		
13	M	4.00				4.00	1.74		

Nota. Datos tomados de la carretera Hospicio – Los Palos

Posteriormente a la recolección de estos datos, se calcula los valores deducidos corregidos los cuales se pueden ver desde la Figura 76 a la 90.

4.1.1 Resultados del método PCI. Carretera Hospicio – Los Palos

Figura 76

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-1



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
------------------	--

TRAMO :	N° 01	SECCIÓN :	1
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 1		
CALZADA:	COMPLETA		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+0.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+32.00		
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m ²
FECHA :	16/01/2021
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
13	BA	M	14.71								14.71	6.38	74.61
11	PA	M	1.26	0.13	0.21	0.22					1.82	0.79	8.92
10	GLT	M	0.60	1.40	1.10	0.60					3.70	1.61	4.28
12	PUA	M	4.10								4.10	1.78	0.00
11	PA	H	0.81	0.63	0.99						2.43	1.05	20.32
10	GLT	H	20.25								20.25	8.79	31.18
												Total VD :	139.29

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 3.33
 Valor deducido más alto HDV : 74.61

N°	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	74.61	31.18	20.32	2.94					129.00	4	72.98	
2	74.61	31.18	20.32	2.00					128.10	3	77.59	
3	74.61	31.18	2.00	2.00					109.80	2	75.90	
4	74.61	2.00	2.00	2.00					80.60	1	80.60	
											Máx. VDC	80.60

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
19.40

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MUY MALO

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 77

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-2



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
------------------	--

TRAMO :	N° 01	SECCIÓN :	1	ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m2
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 22			FECHA :	16/01/2021
CALZADA:	COMPLETA				
PROGRESIVA INICIAL :	Km 0+672.00				
PROGRESIVA FINAL :	Km 0+704.00				
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m				
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON				

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bejo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	
11	PA	M	9.72	0.30	0.45	6.65					17.12	7.43	27.28
Total VD :											27.28		

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 7.68
 Valor deducido más alto HDV : 27.28

N°	VALORES DEDUCIDOS										VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	27.28											27.30	1	27.30
Máx. VDC											27.30			

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
72.73

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MUY BUENO

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 78

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-3

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	*EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020*
TRAMO :	N° 01 SECCIÓN : 1
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 43
CALZADA:	COMPLETA
PROGRESIVA INICIAL :	Km 1+344.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 1+376.00
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m ²
FECHA :	16/01/2021
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exudación	EX	m ²
3	Agrietamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Camil y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m ²
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m ²

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m ²
15	Ahuellamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
7	GB	M	38.00						38.00	16.49	17.83
11	PA	M	0.03	0.13	0.11	0.85			1.12	0.49	6.61
11	PA	H	0.40	0.11	0.15	0.24			0.89	0.39	12.70
13	BA	M	6.00						6.00	2.60	51.44
Total VD :										88.57	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 5.46
 Valor deducido más alto HDV : 51.44

N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	51.44	17.83	12.70	6.61			88.60	4	50.46
2	51.44	17.83	12.70	2.00			84.00	3	53.28
3	51.44	17.83	2.00	2.00			73.30	2	53.31
4	51.44	2.00	2.00	2.00			57.40	1	57.40
Máx. VDC									57.40

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
42.60

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

REGULAR

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 79

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-4

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
TRAMO :	N° 01 SECCIÓN : 1
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 64
CALZADA:	COMPLETA
PROGRESIVA INICIAL :	Km 2+016.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 2+048.00
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m ²
FECHA :	16/01/2021
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	CJ	m
9	Desnivel Camil y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
7	GB	H	38.30	38.30					76.60	33.25	39.74
11	PA	M	0.09						0.09	0.04	0.00
13	BA	H	1.00						1.00	0.43	37.69
Total VD :											77.43

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6.53

Valor deducido más alto HDV : 39.74

N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	39.74	37.69					77.40	2	56.18
2	39.74	2.00					41.70	1	41.70
Máx. VDC									56.18

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):	PCI = 100 - (Máx. VDC)
	43.82
CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:	REGULAR

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 80

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-5



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	*EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020*
------------------	--

TRAMO :	N° 01	SECCIÓN :	1	ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m2
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 85			FECHA :	16/01/2021
CALZADA:	COMPLETA				
PROGRESIVA INICIAL :	Km 2+688.00				
PROGRESIVA FINAL :	Km 2+720.00				
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m				
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON				

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Camil y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulmiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Medio (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	
7	GB	M	38.50	38.50							77.00	33.42	23.48
Total VD :													23.48

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **8.03**

Valor deducido más alto HDV : **23.48**

N°	VALORES DEDUCIDOS									VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	23.48									23.50	1	23.50	
Máx. VDC													23.50

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
76.52

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MUY BUENO

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 81

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-6



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
------------------	--

TRAMO :	N° 01	SECCIÓN :	1	
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 106			
CALZADA:	COMPLETA			
PROGRESIVA INICIAL :	Km 3+360.00			
PROGRESIVA FINAL :	Km 3+392.00			
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m			

ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m ²
FECHA :	16/01/2021
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carri/ y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
7	GB	M	38.30	38.30							76.60	33.25	23.45
10	GLT	M	6.38								6.38	2.77	7.42
11	PA	H	21.07								21.07	9.14	49.34
Total VD :												80.21	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **5.65**
 Valor deducido más alto HDV : **49.34**

N°	VALORES DEDUCIDOS											VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	49.34	23.45	7.42									80.20	3	50.92
2	49.34	23.45	2.00									74.80	2	54.36
3	49.34	2.00	2.00									53.30	1	53.30
Máx. VDC														54.36

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

PCI = 100 - (Máx. VDC)

45.64

REGULAR

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 82

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-7



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
------------------	--

TRAMO :	N° 01	SECCIÓN :	1
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 127		
CALZADA:	COMPLETA		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 4+032.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 4+064.00		
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m ²
FECHA :	16/01/2021
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	
7	GB	M	38.30	38.30						76.60	33.25	23.45
11	PA	M	0.22	0.14	0.18	0.66				1.20	0.52	6.86
11	PA	H	0.18	0.11	0.06	0.58				0.92	0.40	12.86
13	BA	H	0.05	0.13	0.08	0.09				0.35	0.15	23.20
13	BA	M	8.00							8.00	3.47	58.35
											Total VD :	124.72

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 4.82
 Valor deducido más alto HDV : 58.35

N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	58.35	23.45	23.20	12.86	5.62		123.50	5	64.25	
2	58.35	23.45	23.20	12.86	2.00		119.90	4	68.25	
3	58.35	23.45	23.20	2.00	2.00		109.00	3	67.95	
4	58.35	23.45	2.00	2.00	2.00		87.80	2	62.68	
5	58.35	2.00	2.00	2.00	2.00		66.40	1	66.40	
									Máx. VDC	68.25

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
31.75

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MALO

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 83

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-8

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
TRAMO :	N° 01 SECCIÓN : 1
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 148
CALZADA:	COMPLETA
PROGRESIVA INICIAL :	Km 4+704.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 4+736.00
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m ²
FECHA :	16/01/2021
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exudación	EX	m ²
3	Agrietamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m ²
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m ²

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m ²
15	Ahuellamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)	
7	GB	H	0.71	0.39	0.39	2.36					3.86	1.67	10.21
11	PA	M	38.30								38.30	16.62	38.45
											Total VD :	48.67	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 6.65

Valor deducido más alto HDV : 38.45

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	38.45	10.21						48.70	2	36.09	
2	38.45	2.00						40.50	1	40.50	
										Máx. VDC	40.50

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
59.50

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

BUENO

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 84

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-9

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
TRAMO:	N° 01 SECCIÓN: 1
UNIDAD DE MUESTREO:	U - 169
CALZADA:	COMPLETA
PROGRESIVA INICIAL:	Km 5+376.00
PROGRESIVA FINAL:	Km 5+408.00
ANCHO DE LA VÍA:	7.20 m
ÁREA DE LA UNIDAD:	230.40 m ²
FECHA:	16/01/2021
EVALUADOR:	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
7	GB	M	38.30							38.30	16.62	17.91
8	GJ	M	6.72							6.72	2.92	5.77
11	PA	M	0.32							0.32	0.14	4.01
											Total VD :	27.68

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 8.54

Valor deducido más alto HDV : 17.91

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	17.91	5.77	4.01					27.70	3	15.39	
2	17.91	5.77	2.00					25.70	2	18.56	
3	17.91	2.00	2.00					21.90	1	21.90	
										Máx. VDC	21.90

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
78.10

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MUY BUENO

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 85

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-10

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
TRAMO:	N° 01 SECCIÓN : 1
UNIDAD DE MUESTREO:	U - 190
CALZADA:	COMPLETA
PROGRESIVA INICIAL:	Km 6+048.00
PROGRESIVA FINAL:	Km 6+080.00
ANCHO DE LA VÍA:	7.20 m
ÁREA DE LA UNIDAD:	230.40 m ²
FECHA:	16/01/2021
EVALUADOR:	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
			1	2	3	4	5	6	7	8			
10	GLT	H	3.60	1.16	0.67	0.70	7.07				13.20	5.73	24.64
11	PA	M	2.02	0.50	1.71	34.47	0.70				39.39	17.10	38.95
11	PA	H	0.10	0.33	0.17	0.23	11.90				12.73	5.52	39.77
13	BA	M	7.00								7.00	3.04	55.27
14	CVF	M	9.30								9.30	4.04	22.37
Total VD :												181.01	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 5.11
 Valor deducido más alto HDV : 55.27

N°	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1	55.27	39.77	38.95	24.64	22.37				181.00	5	88.65
2	55.27	39.77	38.95	24.64	2.00				160.60	4	87.23
3	55.27	39.77	38.95	2.00	2.00				138.00	3	83.00
4	55.27	39.77	2.00	2.00	2.00				101.00	2	71.32
5	55.27	2.00	2.00	2.00	2.00				63.30	1	63.30
Máx. VDC											88.65

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): PCI = 100 - (Máx. VDC)
11.35

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI: MUY MALO

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 86

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-11



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
------------------	--

TRAMO :	N° 01	SECCIÓN :	1
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 211		
CALZADA:	COMPLETA		
PROGRESIVA INICIAL :	Km 6+720.00		
PROGRESIVA FINAL :	Km 6+752.00		
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m		

ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m2
FECHA :	16/01/2021
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parcheo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
3	AB	H	2.15	1.56					3.71	1.61	9.50
7	GB	M	38.30	38.30					76.60	33.25	23.45
9	DCB	M	0.09						0.09	0.04	0.00
10	GLT	M	5.10	4.56	4.18	3.54			17.38	7.54	15.12
11	PA	H	32.10	25.12	15.65	5.18			78.05	33.88	76.36
12	PUA	M	189.92						189.92	82.43	17.95
13	BA	M	5.00						5.00	2.17	47.53
Total VD :										189.91	

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 3.17
 Valor deducido más alto HDV : 76.36

N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	76.36	47.53	23.45	3.05			150.40	4	83.16
2	76.36	47.53	23.45	2.00			149.30	3	88.00
3	76.36	47.53	2.00	2.00			127.90	2	85.06
4	76.36	2.00	2.00	2.00			82.40	1	82.40
Máx. VDC									88.00

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

PCI = 100 - (Máx. VDC)

12.00

MUY MALO

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 88*Resultados del PCI - unidad de muestreo U-13*

		UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:		*EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020*	
TRAMO :		N° 01	SECCIÓN : 1
UNIDAD DE MUESTREO :		U - 253	
CALZADA:		COMPLETA	
PROGRESIVA INICIAL :		Km 8+064.00	
PROGRESIVA FINAL :		Km 8+096.00	
ANCHO DE LA VÍA :		7.20 m	
ÁREA DE LA UNIDAD :		230.40 m ²	
FECHA :		16/01/2021	
EVALUADOR :		MACHACA - FALCON	

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²
2	Exudación	EX	m ²
3	Agrietamiento en bloque	AB	m ²
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m ²
5	Corrugación	CO	m ²
6	Depresión	DE	m ²
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m ²
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m ²

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m ²
15	Ahuellamiento	AH	m ²
16	Desplazamiento	DES	m ²
17	Grieta Parabólica	GP	m ²
18	Hinchamiento	HI	m ²
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m ²

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES							TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
3	AB	H	32.15							32.15	13.95	33.49
7	GB	H	38.30	4.52	3.75	2.50				49.07	21.30	34.44
10	GLT	M	5.20	3.54	1.85					10.59	4.60	10.98
11	PA	H	4.56	4.13	3.65	1.74				14.08	6.11	41.51
13	BA	H	1.00							1.00	0.43	37.69
											Total VD :	158.11

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : **6.37**

Valor deducido más alto HDV : **41.51**

N°	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
1	41.51	37.69	34.44	33.49	10.98				158.10	5	80.15	
2	41.51	37.69	34.44	33.49	2.00				149.10	4	82.55	
3	41.51	37.69	34.44	2.00	2.00				117.60	3	72.45	
4	41.51	37.69	2.00	2.00	2.00				85.20	2	61.12	
5	41.51	2.00	2.00	2.00	2.00				49.50	1	49.50	
											Máx. VDC	82.55

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC) 100 - 82.55 17.45

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MUY MALO

Nota. Cálculo de los VDC

Figura 89

Resultados del PCI - unidad de muestreo U-14

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PCI - PAVIMENTO FLEXIBLE	
PROYECTO:	"EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS, TRAMO: PUENTE LOS PALOS-CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA - 2020"
TRAMO :	N° 01 SECCIÓN : 1
UNIDAD DE MUESTREO :	U - 274
CALZADA:	COMPLETA
PROGRESIVA INICIAL :	Km 8+736.00
PROGRESIVA FINAL :	Km 8+768.00
ANCHO DE LA VÍA :	7.20 m
ÁREA DE LA UNIDAD :	230.40 m ²
FECHA :	16/01/2021
EVALUADOR :	MACHACA - FALCON

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2
2	Exudación	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque	AB	m2
4	Abultamiento y Hundimiento	AH	m2
5	Corrugación	CO	m2
6	Depresión	DE	m2
7	Grietas de borde	GB	m
8	Grieta de reflexión de junta	GJ	m
9	Desnivel Carril y Berma	DCB	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m
11	Parqueo	PA	m2
12	Pulimiento de Agregados	PUA	m2

N°	Tipo de Falla	Código	Unidad
13	Baches o Huecos	BA	und
14	Cruce de vía férrea	CVF	m2
15	Ahuellamiento	AH	m2
16	Desplazamiento	DES	m2
17	Grieta Parabólica	GP	m2
18	Hinchamiento	HI	m2
19	Desprendimiento de Agregados	DA	m2

Severidad	Código
Bajo (Low)	L
Media (Medium)	M
Alto (High)	H

N°	FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
3	AB	H	12.50	5.32					17.82	7.73	25.54
7	GB	M	38.30	38.30					76.60	33.25	23.45
10	GLT	H	5.36	3.56	2.55				11.47	4.98	22.55
11	PA	H	38.30	10.25	5.78				54.33	23.58	70.64
13	BA	M	5.00						5.00	2.17	47.53
Total VD :											189.71

Número Máximo Admisible de V.D. (m) : 3.70

Valor deducido más alto HDV : 70.64

N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO
1	70.64	47.53	25.54	16.41		4	87.04
2	70.64	47.53	25.54	2.00		3	86.45
3	70.64	47.53	2.00	2.00		2	82.49
4	70.64	2.00	2.00	2.00		1	76.60
Máx. VDC							87.04

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):

PCI = 100 - (Máx. VDC)
12.96

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PCI:

MUY MALO

Nota. Cálculo de los VDC

4.2 Cálculo de Diseño de pavimento flexible

4.2.1 Valores CBR

Para el cálculo de CBR se realizaron los ensayos respectivos a las muestras de 3 calicatas las cuales están detalladas en las siguientes Figuras.

Figura 91

Ensayo de CBR – C -1

PROYECTO DE TESIS	: EVALUACION DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA ASFALTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO LOS PALOS, TRAMO PUENTE LOS PALOS - CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA -2020.										
UBICACIÓN	: CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS KM 0+3000 ; 3+000 A 6+00 ; 6+000 A 10+000 , PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.										
MUESTRA	: TERRENO NATURAL C-1										
SOLICITANTE	: ARNOLD FALCON AYMA					CODIGO : 2012043721					
	: DENNIS JESSHU MACAHACA HUANCA					CODIGO : 2011039607					
FECHA	: TACNA , 13 DE MARZO DEL 2021										

ENSAYO DE CBR.												
METODO ASTM D - 1883												
MOLDE Nro.	1				2				3			
Nro. GOLPES POR CAPA	12				25				56			
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA				SATURADA				SATURADA			
Peso molde + suelo humedo	10921				11274				11378			
Peso del Molde	7019				7104				6984			
Peso del Suelo humedo	3902				4170				4394			
Volumen del Molde	2307				2307				2307			
Densidad humeda	1.89				1.81				1.90			
% de humedad	15.18				15.10				15.14			
Densidad seca	1.488				1.570				1.654			
Tara Nro.	T-1				T-2				T-3			
Tara + suelo humedo	306.5				301.8				304.2			
Tara + suelo seco	266.1				262.2				264.2			
Peso del agua	40.4				39.6				40.0			
Peso de tara	0.0				0.0				0.0			
Peso del suelo seco	266.1				262.2				264.2			
% de humedad	15.18				15.10				15.14			
Promedio de humedad	15.18				15.10				15.14			

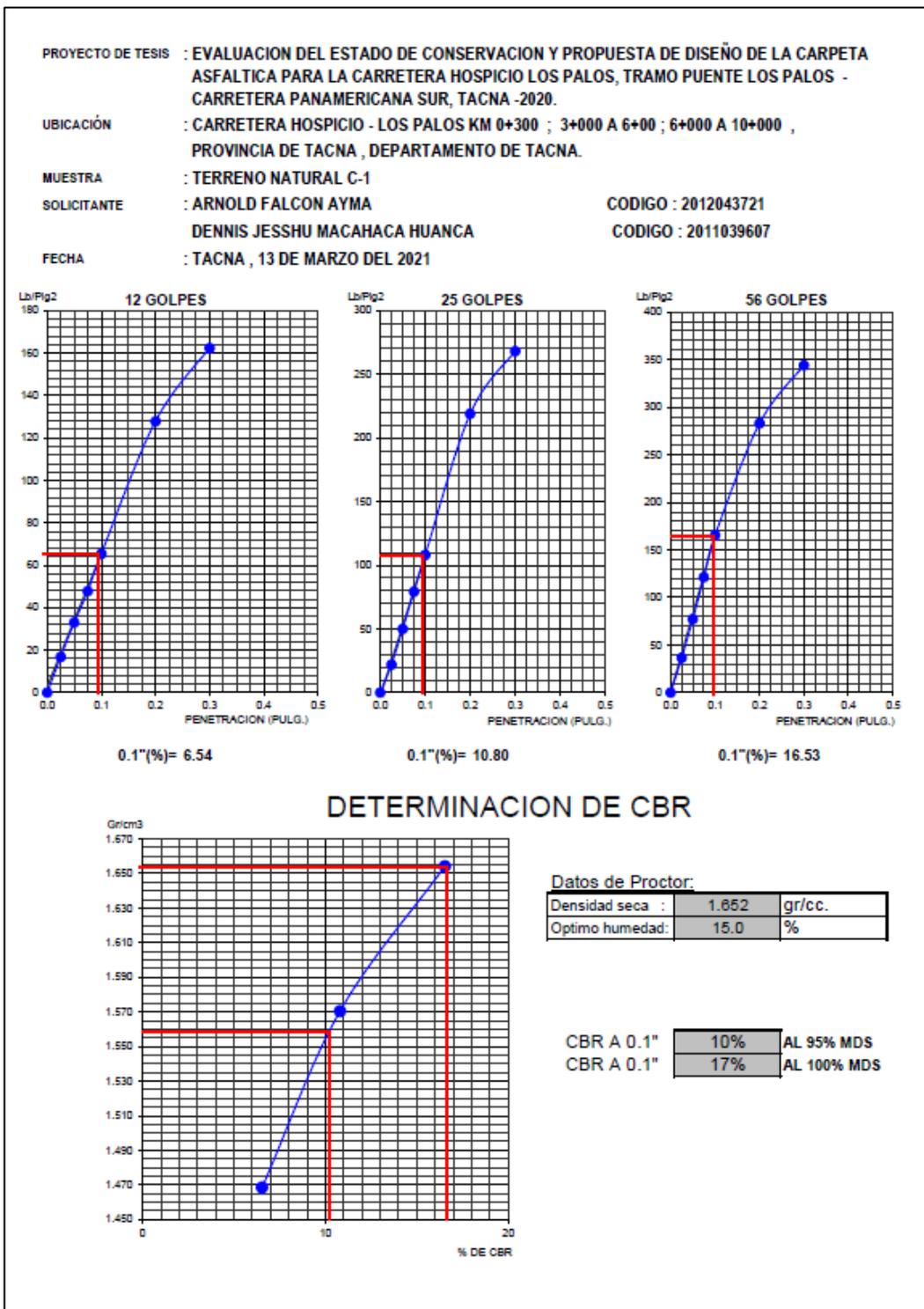
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%

PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:		
		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION	
mm.	pulg.	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025	23	51	17	30	66	22	50	110	37	
0.050	45	99	33	68	150	50	105	231	77	
0.075	65	143	48	108	238	79	165	364	121	
0.100	89	196	65	147	324	108	225	496	165	
0.200	174	384	128	298	657	219	385	849	283	
0.300	221	487	162	365	805	268	468	1032	344	
0.400										
0.500										

Nota. Zonas aledañas a la Carretera Hospicio – Los Palos

Figura 92

Determinación de CBR – C -1



Nota. Zonas aledañas a la Carretera Hospicio – Los Palos

Figura 93

Ensayo de CBR – C -2

PROYECTO DE : EVALUACION DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA
 TESIS : ASFALTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO LOS PALOS, TRAMO PUENTE LOS PALOS -
 CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA -2020.

UBICACIÓN : CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS KM 0+3000 ; 3+000 A 6+00 ; 6+000 A 10+000 ,
 PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.

MUESTRA : TERRENO NATURAL C-2

SOLICITANTE : ARNOLD FALCON AYMA CODIGO : 2012043721
 DENNIS JESSHU MACAHACA HUANCA CODIGO : 2011039607

FECHA : TACNA , 13 DE MARZO DEL 2021

ENSAYO DE CBR.

METODO ASTM D - 1883

MOLDE Nro.	1		2		3	
Nro. GOLPES POR CAPA	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA		SATURADA		SATURADA	
Peso molde + suelo humedo	11001		11348		11453	
Peso del Molde	7019		7104		6984	
Peso del Suelo humedo	3982		4244		4469	
Volumen del Molde	2307		2307		2307	
Densidad humeda	1.73		1.84		1.94	
% de humedad	14.92		14.91		14.89	
Densidad seca	1.502		1.601		1.686	
Tara Nro.	T-1		T-2		T-3	
Tara + suelo humedo	320.4		315.9		335.6	
Tara + suelo seco	278.8		274.9		282.1	
Peso del agua	41.6		41.0		43.5	
Peso de tara	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	278.8		274.9		282.1	
% de humedad	14.92		14.91		14.89	
Promedio de humedad	14.92		14.91		14.89	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%

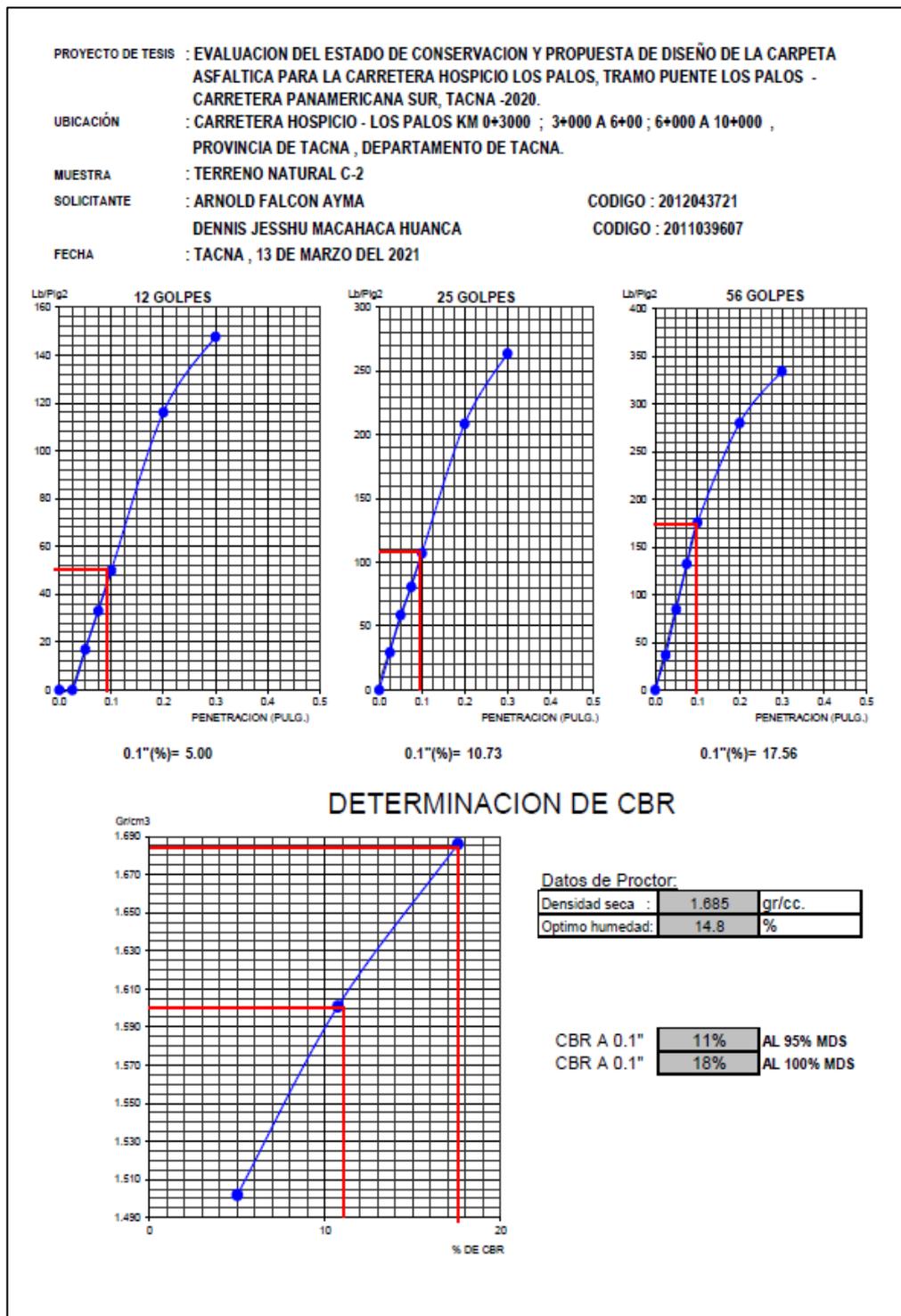
PENETRACION

PENETRACION	MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:		
	LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION		LECTURA DIAL	CORRECCION	
mm.	pulg.	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025	0	0	0	40	88	29	50	110	37
0.050	23	51	17	80	176	59	115	254	85
0.075	45	99	33	110	243	81	180	397	132
0.100	68	150	50	146	322	107	239	527	176
0.200	158	348	116	284	626	209	381	840	280
0.300	201	443	148	359	791	264	455	1003	334
0.400									
0.500									

Nota. Zonas aledañas a la Carretera Hospicio – Los Palos

Figura 94

Determinación de CBR – C-2



Nota. Zonas aledañas a la Carretera Hospicio – Los Palos

Figura 95

Ensayo de CBR – C -3

PROYECTO DE	: EVALUACION DEL ESTADO DE CONSERVACION Y PROPUESTA DE DISEÑO DE LA CARPETA		
TESIS	: ASFALTICA PARA LA CARRETERA HOSPICIO LOS PALOS, TRAMO PUENTE LOS PALOS - CARRETERA PANAMERICANA SUR, TACNA -2020.		
UBICACIÓN	: CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS KM 0+3000 ; 3+000 A 6+00 ; 6+000 A 10+000 , PROVINCIA DE TACNA , DEPARTAMENTO DE TACNA.		
MUESTRA	: TERRENO NATURAL C-3		
SOLICITANTE	: ARNOLD FALCON AYMA	CODIGO : 2012043721	
	: DENNIS JESSHU MACAHACA HUANCA	CODIGO : 2011039607	
FECHA	: TACNA , 13 DE MARZO DEL 2021		

ENSAYO DE CBR.
METODO ASTM D - 1883

MOLDE Nro.	1		2		3	
Nro. GOLPES POR CAPA	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA		SATURADA		SATURADA	
Peso molde + suelo humedo	10982		11331		11434	
Peso del Molde	7019		7104		6984	
Peso del Suelo humedo	3943		4227		4450	
Volumen del Molde	2307		2307		2307	
Densidad humeda	1.71		1.83		1.93	
% de humedad	11.91		11.93		11.92	
Densidad seca	1.527		1.637		1.723	
Tara Nro.	T-1		T-2		T-3	
Tara + suelo humedo	315.6		312.4		319.2	
Tara + suelo seco	282.0		279.1		285.2	
Peso del agua	33.6		33.3		34.0	
Peso de tara	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	282.0		279.1		285.2	
% de humedad	11.91		11.93		11.92	
Promedio de humedad	11.91		11.93		11.92	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	LECTURA DIAL		EXPANSION		LECTURA DIAL		EXPANSION	
			mm.	%	mm.	%	mm.	%		

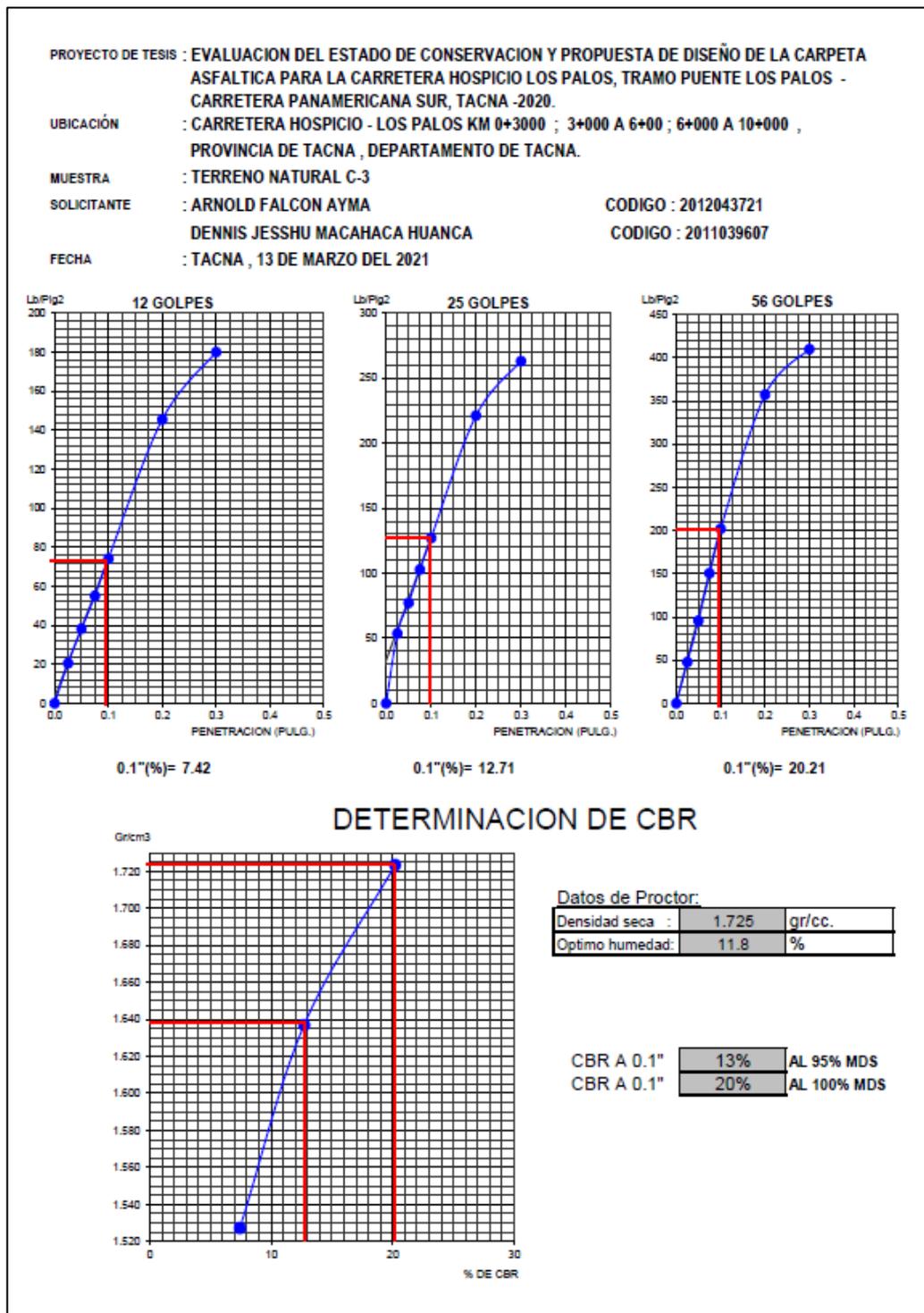
PENETRACION

PENETRACION	MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			
	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		
mm.	pulg.	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025	28	62	21	73	161	54	65	143	48	48
0.050	52	115	38	105	231	77	130	287	96	96
0.075	75	165	55	140	309	103	205	452	151	151
0.100	101	223	74	173	381	127	275	606	202	202
0.200	198	437	146	301	664	221	486	1071	357	357
0.300	245	540	180	358	789	263	558	1230	410	410
0.400										
0.500										

Nota. Zonas aledañas a la Carretera Hospicio – Los Palos

Figura 96

Determinación de CBR – C -3



Nota. Zonas aledañas a la Carretera Hospicio – Los Palos

En la Tabla 12 se puede ver el CBR obtenido de estas 3 calicatas, dato muy importante para el diseño de la carpeta asfáltica.

Tabla 12

Valores de CBR para diseño.

	Calicata	CBR	
CBR a 0.1"	1	10%	Al 95% MDS
	2	11%	
	3	13%	

Nota. Datos obtenidos de los ensayos de CBR

CBR de diseño = 10%

4.2.2 Cálculo del IMD

Se realiza el aforo vehicular los 7 días de la semana, al ingreso y salida de la carretera investigada, para obtener la clasificación vehicular y el valor del IMD (Índice Medio Diario), por la situación mundial que se atraviesa y por la crisis sanitaria en el país a causa del Covid - 19 el aforo vehicular estuvo limitado en ciertos horarios, estos aforos diarios se muestran en las Figuras 97 a la 103, para que al finalizar se pueda tener un resumen como se muestra en la Figura 104 y en la Figura 105 mostramos un diagrama de variación diaria.

Figura 97

Hoja de datos del conteo vehicular del día Lunes

TRAMO DE LA CARRETERA																	ESTACION						
SENTIDO		AMBOS															DIA						
UBICACIÓN		CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS															FECHA						
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL		
				PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	9	13	20	6	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
5-6	12	18	33	9	0	2	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
6-7	13	13	28	12	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
7-8	10	25	20	18	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
8-9	9	19	19	18	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
9-10	13	19	22	18	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
10-11	14	17	17	8	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
11-12	14	20	16	17	1	2	1	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
12-13	16	23	25	24	1	2	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95
13-14	8	27	26	19	1	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84
14-15	10	28	24	25	1	1	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
15-16	12	25	23	8	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
16-17	13	30	21	16	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
17-18	14	18	21	20	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
18-19	11	23	24	26	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
19-20	10	13	21	16	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
20-21	8	12	7	11	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	191	338	365	268	6	21	17	1	1	18	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,230

Nota. Aforo vehicular realizado el 22/03/2021

Figura 98

Hoja de datos del conteo vehicular del día Martes

TRAMO DE LA CARRETERA																				ESTACION		
SENTIDO								AMBOS												DIA		
UBICACIÓN								CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS												FECHA		
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	7	18	15	14	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
5-6	10	19	35	20	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
6-7	11	15	24	23	1	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
7-8	13	29	25	26	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
8-9	13	20	22	20	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
9-10	15	17	26	20	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
10-11	16	20	18	13	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
11-12	12	18	25	20	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
12-13	11	25	30	23	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93
13-14	15	22	18	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
14-15	11	25	21	23	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82
15-16	11	23	20	13	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
16-17	7	31	26	22	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
17-18	12	24	22	18	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
18-19	10	20	16	25	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
19-20	10	17	11	13	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
20-21	5	9	5	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	184	349	355	310	7	13	11	1	1	6	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,240

Nota. Aforo vehicular realizado el 23/03/2021

Figura 99

Hoja de datos del conteo vehicular del día Miércoles

TRAMO DE LA CARRETERA																					ESTACION	
SENTIDO							AMBOS														DIA	
UBICACIÓN							CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS														FECHA	
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	5	18	18	18	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
5-6	10	20	30	17	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
6-7	16	16	27	22	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
7-8	11	27	23	25	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87
8-9	11	22	20	17	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
9-10	9	18	25	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
10-11	11	22	23	17	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
11-12	10	17	21	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
12-13	13	24	28	20	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
13-14	15	23	20	18	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
14-15	10	24	20	22	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
15-16	11	27	21	15	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
16-17	9	23	24	23	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
17-18	11	23	19	18	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
18-19	12	18	14	23	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
19-20	11	18	10	9	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
20-21	3	3	5	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	174	340	344	302	6	8	10	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,185

Nota. Aforo vehicular realizado el 24/03/2021

Figura 100

Hoja de datos del conteo vehicular del día Jueves

TRAMO DE LA CARRETERA							ESTACION																	
SENTIDO							DIA																	
UBICACIÓN							FECHA																	
AMBOS							JUEVES																	
CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS							25-Mar																	
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL			
				PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3				
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	6	20	20	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
5-6	9	21	27	20	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
6-7	12	20	23	21	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
7-8	12	27	23	25	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
8-9	14	24	20	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
9-10	15	20	20	20	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
10-11	10	19	17	18	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
11-12	8	19	19	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
12-13	6	23	21	22	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
13-14	14	20	21	15	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
14-15	11	22	20	22	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
15-16	8	20	17	16	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
16-17	12	23	18	24	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
17-18	13	18	20	19	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
18-19	9	18	13	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
19-20	5	13	9	14	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
20-21	4	4	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	166	327	310	307	5	8	6	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,136

Nota. Aforo vehicular realizado el 25/03/2021

Figura 101

Hoja de datos del conteo vehicular del día Viernes

TRAMO DE LA CARRETERA								ESTACION													
SENTIDO								DIA													
UBICACIÓN								FECHA													
AMBOS								VIERNES													
CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS								26-Mar													
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		3T3
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	4	16	15	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
5-6	9	20	20	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
6-7	13	20	21	21	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	76
7-8	11	23	28	24	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
8-9	12	21	19	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
9-10	10	20	17	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
10-11	13	17	13	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
11-12	11	13	18	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
12-13	7	18	21	20	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
13-14	10	18	20	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
14-15	8	21	17	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
15-16	16	18	18	18	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
16-17	13	23	25	24	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	86
17-18	12	17	20	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
18-19	11	14	13	20	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
19-20	11	17	10	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
20-21	6	10	10	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	173	302	301	291	4	3	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,080

Nota. Aforo vehicular realizado el 26/03/2021

Figura 102

Hoja de datos del conteo vehicular del día Sábado

TRAMO DE LA CARRETERA								ESTACION														
SENTIDO								DIA														
UBICACIÓN								FECHA														
AMBOS								SABADO														
CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS								27-Mar														
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	7	20	13	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
5-6	12	23	20	22	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
6-7	8	18	24	21	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
7-8	12	25	28	29	0	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98
8-9	12	21	20	18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
9-10	8	17	18	16	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
10-11	10	18	15	19	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
11-12	8	21	19	14	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
12-13	10	19	19	20	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
13-14	13	18	19	17	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
14-15	10	21	14	15	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
15-16	13	19	16	15	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
16-17	13	24	26	24	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
17-18	10	17	20	20	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
18-19	9	14	15	17	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
19-20	11	19	16	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
20-21	5	13	13	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	167	323	310	303	1	9	4	0	0	9	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,129

Nota. Aforo vehicular realizado el 27/03/2021

Figura 103

Hoja de datos del conteo vehicular del día Domingo

TRAMO DE LA CARRETERA								ESTACION														
SENTIDO								AMBOS														
UBICACIÓN								CARRETERA HOSPICIO - LOS PALOS														
								DIA														
								DOMINGO														
								FECHA														
								28-Mar														
HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	5	14	11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
5-6	7	16	16	14	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
6-7	9	16	20	16	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
7-8	11	19	21	17	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
8-9	12	21	20	17	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
9-10	8	19	18	16	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
10-11	11	21	16	18	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
11-12	10	21	19	15	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
12-13	12	19	19	18	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
13-14	11	19	18	16	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
14-15	11	19	15	14	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
15-16	10	17	14	16	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
16-17	10	18	21	17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
17-18	9	15	19	15	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
18-19	9	11	15	14	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
19-20	6	11	15	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
20-21	5	11	11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	151	283	283	254	4	9	7	0	0	7	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	999

Nota. Aforo vehicular realizado el 28/03/2021

Figura 104

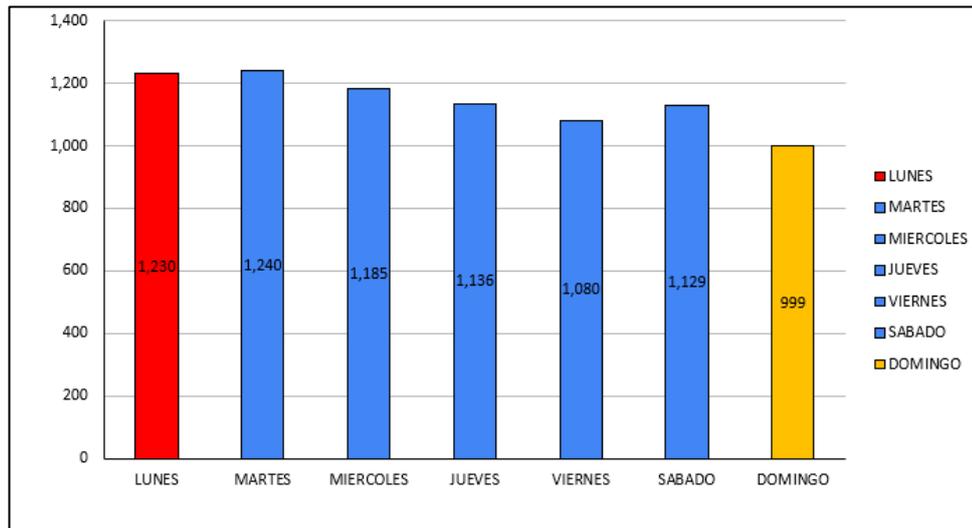
Cálculo del Índice Medio Diario

TIPO DE VEHICULO	TRAFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS POR DIA							TOTAL SEMANA	IMD _s	FC	IMD _a	%
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO					
MOTOS	191	184	174	166	173	167	151	172	172	1.000	172	15.06%
AUTO	338	349	340	327	302	323	283	323	323	1.000	323	28.28%
STATION WAGON	365	355	344	310	301	310	283	324	324	1.000	324	28.37%
PICK UP	268	310	302	307	291	303	254	290	290	1.000	290	25.39%
PANEL	6	7	6	5	4	1	4	4	4	1.000	4	0.35%
RURALCombi	21	13	8	8	3	9	9	10	10	1.000	10	0.88%
MICRO	17	11	10	6	3	4	7	8	8	1.000	8	0.70%
BUS 2E	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0.00%
BUS 3E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0.00%
CAMION 2E	18	6	2	9	4	9	7	8	8	1.000	8	0.70%
CAMION 3E	3	2	0	0	0	1	1	1	1	1.000	1	0.09%
CAMION 4E	3	5	0	0	1	3	2	2	2	1.000	2	0.18%
TOTAL	1,230	1,240	1,185	1,136	1,080	1,129	999	1,142			1,142	100.00%

Nota. Cuadro resumen del aforo vehicular durante los 7 días de la semana

Figura 105

Variación diaria



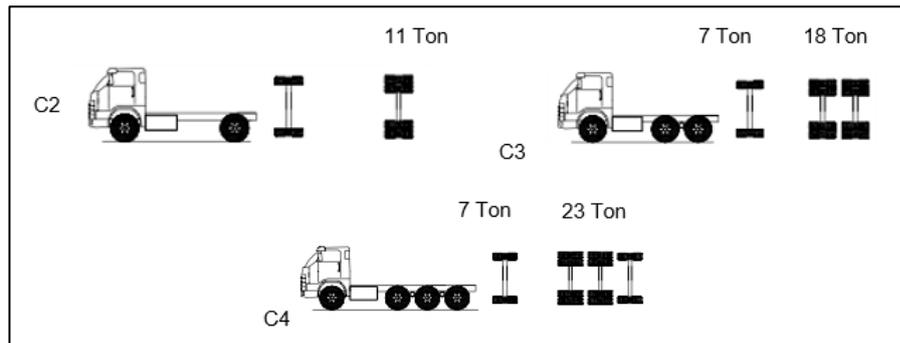
Nota. Diagrama de barras del aforo vehicular

4.2.3 Cálculo del ESAL de Diseño

Para el cálculo del factor camión se debe utilizar los factores de equivalencia de carga recomendado por AASHTO al mismo tiempo se debe utilizar el D.S. 058-2003-MTC, Reglamento Nacional de Vehículos, donde se encuentra los pesos y medidas de los vehículos que afectan, desde el C2 y se muestra en la Figura 106. Tomando su peso en toneladas se deben convertir en libras o kilonewton para utilizar la tabla de equivalencias mediante interpolación se obtiene los factores para cada tipo de vehículo de acuerdo a sus ejes, luego se suma los valores de cada eje, a eso se le llama Factor Camión, dato muy importante para calcular el ESAL de diseño.

Figura 106

Pesos de camiones C2, C3 y C4



Nota. Pesos según el tipo de eje

El factor camión se calcula para cada eje de la configuración vehicular, eje delantero 7 Ton, se multiplica por 9,81 Kn, luego utilizando la tabla de factores de equivalencia de carga, se interpola y se suma.

$$\text{FC de } C_2 = 0,55 + 3,16 = 3,71$$

$$\text{FC de } C_3 = 0,55 + 2,02 = 2,57$$

$$\text{FC de } C_4 = 0,55 + 1,30 = 1,85$$

Se calcula el ESAL de Diseño para un periodo de diseño de 20 años, factor de distribución direccional se considera el 50% y las tasas de crecimiento anual de vehículos ligeros y vehículos pesados, los cuales se consideran:

Vehículos ligeros de pasajeros, se considera los valores de la tasa de crecimiento poblacional de la Región Tacna igual a 1,5%.

Vehículos pesados de carga, se considera el valor del producto bruto interno de la región Tacna igual a 9,6%, estos datos nos ayudan a calcular el factor de crecimiento.

Con todas estas consideraciones se completa el cuadro que se muestra en la Figura 107 para así obtener el ESAL de diseño.

Figura 107*Cálculo del ESAL de Diseño*

TIPO DE VEHICULO	IMD	VEH/DIA EN CARRIL	VEH/AÑO	F.C.	ESAL EN CARRIL	FACTOR DE CRECIMIENTO	ESAL DE DISEÑO
LIGEROS	1,132	565.79	206513.65	0.0001	20.6514	23.124	477.5422
B2	0	0.00	0.00	3.71	0	54.737	0
B3	0	0.00	0.00	2.38	0	54.737	0
C2	8	4	1370.61	3.71	5084.97	54.737	278336.1
C3	1	0.4	163.88	2.57	421.165	54.737	23053.33
C4	2	1.0	357.55	1.85	661.469	54.737	36206.85
TOTAL	1142	570.97	208405.69		6188.26		338073.8

Nota. Adaptado de hoja de Excel

4.2.4 Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible

El pavimento flexible, es una estructura formada por varias capas (sub-base, base y carpeta asfáltica) con el fin de satisfacer los siguientes propósitos:

1. Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito.
2. Tener la impermeabilidad necesaria
3. Resistir la acción destructora de los vehículos.
4. Tener resistencia a los agentes atmosféricos
5. Tener una superficie de rodamiento adecuada que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo de los vehículos.
6. Presentar cierta flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de la base o subbase.

4.2.4.1 ESAL de diseño

Se calcula el ESAL de Diseño para un periodo de diseño de 20 años igual a 338,073.80 o 3,38E+05 ejes equivalentes.

4.2.4.2 CBR de diseño

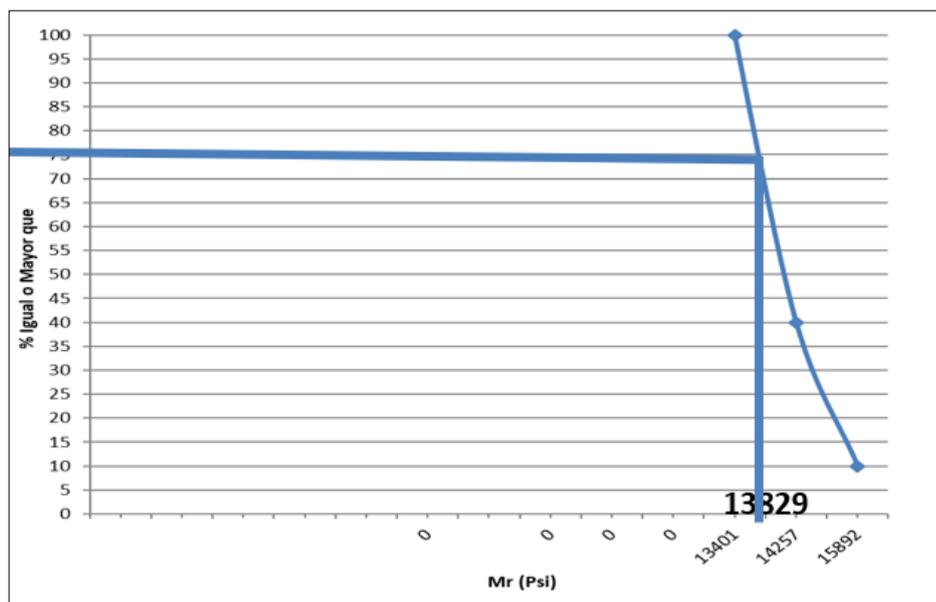
CBR de diseño = 10%

4.2.4.3 Cálculo de módulo resiliente de la subrasante

Calcularemos el Mr(PSI) de las tres calicatas, las cuales tuvieron como CBR un CBR de 13%, 11% y 10%, el cual se encuentra detallado en la Tabla 13.

Figura 108

Cálculo del módulo resiliente



Nota. Módulo resiliente obtenido de 13829

Tabla 13

Cálculo de módulo resiliente

CBR	Mr (psi)	N°de Valores \geq a Mr	% de Valores \geq que	
			Fórmula	Valor
13,00	15892	1	$1/10 \times 100$	10
11,00	14257	4	$4/10 \times 100$	40
10,00	13401	10	$10/10 \times 100$	100

Nota. CBR usados de las 3 calicatas

- Valores del módulo resiliente para la base granular y subbase granular, considerando su CBR de diseño de 80% y 40%
- Módulo resiliente para Base granular = 19 198 psi
- Módulo resiliente para Subbase granular = 16 199 psi
- Módulo resiliente para la subrasante se obtiene de la Figura 108 y es igual a 13 829 psi

4.2.4.4 Factores para hallar espesores del Pavimento

a) Nivel de confiabilidad

Tabla 14

Nivel de confiabilidad

Nivel de confiabilidad (r)	
Clasificación funcional	Nivel recomendado por AASHTO para carreteras
Carretera interestatal o autopista	80 – 99,9
Red principal o federal	75 - 95
Red secundaria o estatal	75 - 95
Red rural o local	50 - 80

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

Considerando una red secundaria o estatal, se asume un nivel de confiabilidad igual 85% como se puede ver en la Tabla 14 y una desviación estándar normal (Z_r) igual a -1,037.

b) Desviación estándar

Tabla 15

Desviación estándar

Condición	Pavimento rígido	Pavimento flexible
En construcción nueva	0,35	0,40
En sobrecapas	0,45	0,50

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

Se asume el promedio para pavimento flexible, es decir $S_o = 0,45$ valores obtenidos de la Tabla 15.

c) Pérdida de serviciabilidad

Tabla 16*Pérdida de serviciabilidad*

Perdida De Serviabilidad
El cambio de pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, se define en el método con la siguiente ecuación:
PSI = Índice de Servicio Presente.
Δ PSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal.
Po = índice de servicio final (4,5 para pavimentos rígido y 4,2 para flexibles).
Pt = Índice de servicio termina, para el cual AASHTO maneja en su versión 1993 valores de 3,0 – 2,5 y 2,0, recomendando 2,5 o 3,0 para caminos principales y 2,0 para secundarios.

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

$$P_o = 4,20$$

$$P_t = 2,00$$

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (6)$$

Reemplazando valores de la Tabla 16 obtenemos la diferencia de serviciabilidad, para esto usamos la Ecuación 6.

$$\Delta PSI = 4,20 - 2,00$$

$$\Delta PSI = 2,20$$

d) Ecuación básica de diseño para pavimento flexible.

$$\log(W_{18}) = Z_R(S_0 = +9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5})}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log Mr - 8,07 \quad (10)$$

Con los datos obtenidos como el ESAL de diseño, desviación normal estándar, desviación estándar total del sistema, la diferencia de serviciabilidad y el módulo resiliente de la subrasante, utilizando el ábaco indicado procedemos a calcular el SN con uso de la Ecuación 10 y la Tabla 17.

Tabla 17

Datos para calcular SN utilizando Abaco

Uso De Fórmula Con El Procedimiento	
W18	3.38E+05
Zr	-1.037
So	0.45
Δ PSI	2.20
Sub Rasante(Mr)	13829
Número Estructural (SN)	2.17
IGUALDAD	
A =	5.53
B =	5.53

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, por AASHTO (1993)

e) Cálculo de número estructural – SN

Utilizando la ecuación AASHTO 93 como se puede ver en la Figura 109 se calcula el valor del SN (Número estructural).

Figura 109

Cálculo del SN utilizando la ecuación AASHTO 93

Nota. Adaptado de Ecuación AASHTO 93

De esa manera comprobamos que el diseño va por buen camino, cuando existe la igualdad de los lados $A = B$ de la fórmula general y el valor del SN son indicadores de buen diseño.

f) Usaremos la Ecuación 11 para obtener los espesores

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 \quad (11)$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes de capa representativos de la carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente.

D_1, D_2, D_3 = Espesor de la carpeta, base y subbase en pulgadas.

m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje para base y subbase.

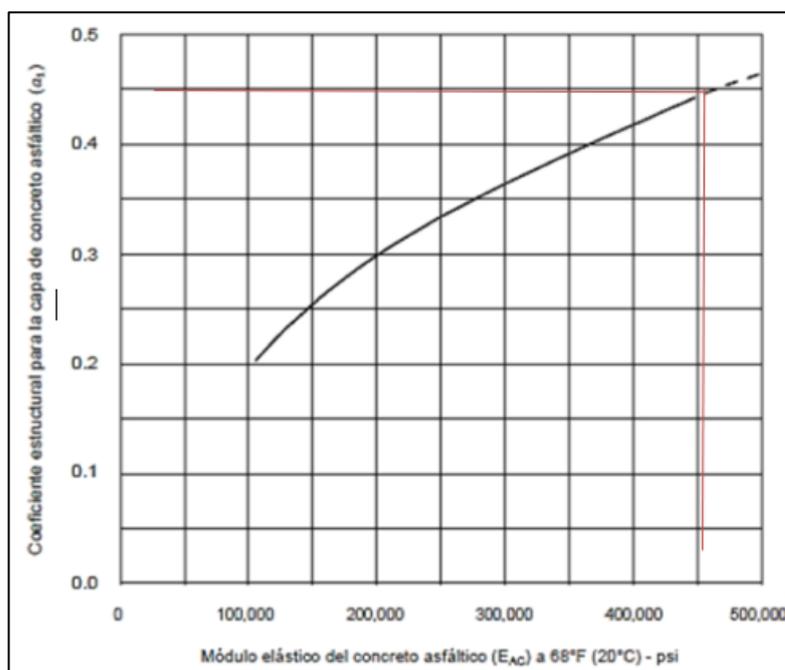
g) Cálculo de los coeficientes de capa

Para el cálculo de los coeficientes de capa se utilizan ábacos determinados por AASHTO 93.

Valor de a_1 . Se determina usando el módulo elástico dinámico del asfalto igual a 450,000 psi, $a_1 = 0.44$ como se puede ver en la Figura 110.

Figura 110

Cálculo de los coeficientes de capa - a_1

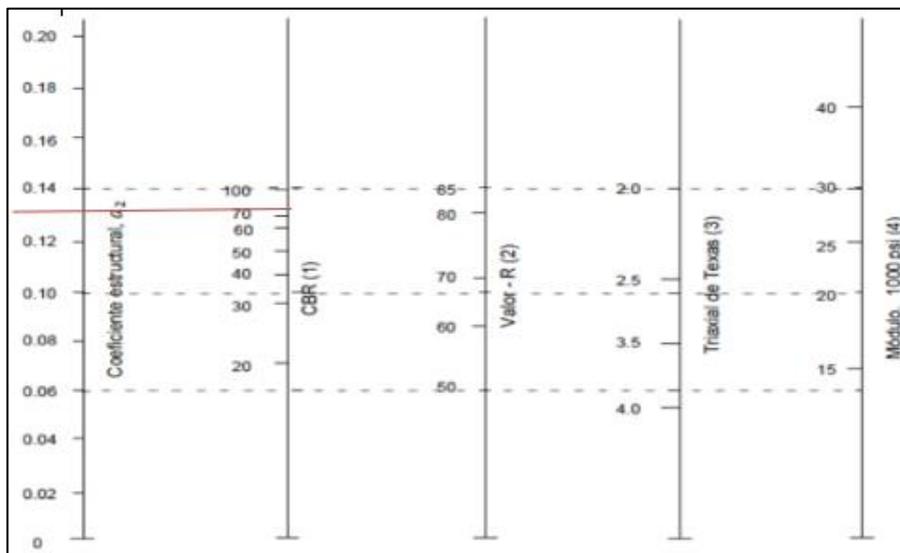


Nota. Ábacos usados por el método AASTHO 93

Valor de a_2 . Para un valor de CBR de diseño para base granular de 80%, $a_2 = 0.135$ como se puede ver en la Figura 111.

Figura 111

Cálculo de los coeficientes de capa – a_2

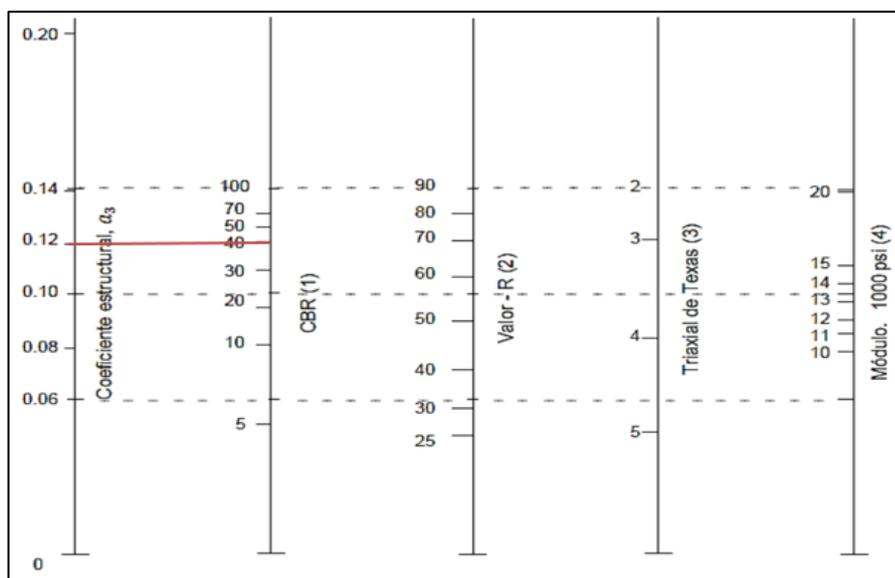


Nota. Ábacos usados por el método AASTHO 93

Valor de a_3 . Para un valor de CBR de diseño para subbase granular de 40%, $a_3 = 0.12$ como se puede ver en la Figura 112.

Figura 112

Cálculo de los coeficientes de capa – a_3



Nota. Ábacos usados por el método AASTHO 93

h) Tipos de drenaje para capas granulares

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros, la capacidad del drenaje, que se calcula de acuerdo al tiempo que tarda el agua en drenar del pavimento y el % de tiempo durante se encuentra expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, para nuestra carretera se considera que la calidad de drenaje es buena, por lo tanto, el tiempo que está expuesto a niveles de humedad se considera menores al 1%, se asume como valor de m² y m³ igual 1.30 datos que se toman de las Tablas 18 y 19.

Tabla 18*Calidad del drenaje – Tiempo de evacuación*

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drena

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, AASHTO (1993)

Tabla 19*Calidad del drenaje – Porcentaje del pavimento expuesto a humedad*

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad, próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% a 5%	5% a 25%	Más del 25%
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Nota. Adaptado de Guía de diseño para pavimento flexible, AASHTO (1993)

i) Cálculo de espesores mínimos en función del ESAL.

Para el cálculo de los espesores mínimos se utiliza el valor del ESAL de diseño obtenido del aforo vehicular equivalente a $3.38E+05$ ó 338,073.80.

Tabla 20*ESAL en ejes equivalentes*

Transito (ESAL) en Ejes equivalentes	Carpeta de Concreto asfaltico	Bases Granulares
Menor de 50000	1,0 ó t.s.	4,0
50001 - 150000	2,0	4,0
150001 - 500000	2,0	4,0
500001 - 2000000	3,0	6,0
2000001 - 7000000	3,5	6,0
Mayor a 7000000	4,0	6,0

Nota. Espesores recomendados según ESAL

De acuerdo a la Tabla 20 de espesores mínimos recomendado por AASHTO 93 y considerando el valor del ESAL de diseño obtenemos los espesores recomendados los cuales se pueden ver en la Tabla 21:

Tabla 21*Espesores de carpeta y base*

	Pulgadas	
Carpeta	2,00	D1
Base	4,00	D2

Nota. Valores obtenidos de la tabla 20

Con los espesores determinados ingresamos a la ecuación general para obtener los espesores, los cuales no generan la aproximación de la igualdad en la ecuación, por lo tanto, se debe utilizar el método del tanteo para determinar la igualdad de la ecuación como se observa en la Tabla 21, para el buen diseño del pavimento de la carretera Hospicio – Los Palo.

Tabla 22*Método del tanteo para igual la ecuación*

De la ecuación para obtener los espesores	
SN	$a_1D_1+a_2D_2m_2+a_3D_3m_3$
2,17	2,18

Nota. Se realiza una igualdad con el SN

Una vez realizada la igualdad obtenemos los valores finales de espesores los cuales se pueden ver en la Tabla 23.

Tabla 23

Valores finales de D1, D2 y D3

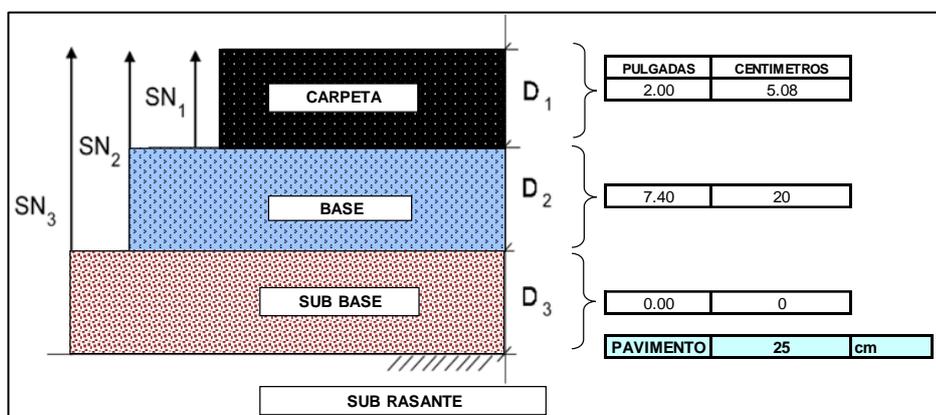
D1	2,00
D2	7,40
D3	0,00

Nota. Espesores de carpeta, base y sub base

- j) Diseño final de la estructura del pavimento flexible de la carretera Hospicio - Los Palos

Figura 113

Diseño de espesores del pavimento.



Nota. Diseño de la carretera Hospicio – Los Palos

El diseño del pavimento flexible para la carretera Hospicio – Los Palos sería de 25 cm. considerando 5 cm. para la carpeta asfáltica y 20 cm. para la base granular, no se considera el espesor de la subbase granular tal como se puede ver en la Figura 113.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1 Análisis de los resultados PCI

En el tramo N° 01 visualizamos los resultados obtenidos del PCI por cada unidad de muestreo, por lo que es necesario obtener un valor ponderado de todo el tramo, cuyo valor es igual a 37,22 el cual ayuda a calificar el estado del pavimento, después de analizado todas las fallas evaluadas, donde resulta con una calificación del estado del pavimento *malo*.

El resultado del PCI igual a 37,22 califica el estado del pavimento como *malo*, cuyo valor hace necesario una intervención que consiste en una rehabilitación de la carretera Hospicio – Los Palos, por lo cual es necesario diseñar una propuesta de espesores para la estructura del pavimento.

Tabla 24

Resultados del PCI en el tramo 1 de estudio, carretera Hospicio – Los Palos

Carretera Hospicio - Los palos - Tramo n°01						
Tramo	Unidad muestreo	Progresiva inicial (km)	Progresiva final (km)	Longitud (m)	Pci	Condición
T - 1	U-01	0+000.00	0+032.00	32.00	19.40	Muy malo
T - 1	U-22	0+672.00	0+704.00	32.00	72.73	Muy bueno
T - 1	U-43	1+344.00	1+376.00	32.00	42.60	Regular
T - 1	U-64	2+016.00	2+048.00	32.00	43.82	Regular
T - 1	U-85	2+688.00	2+720.00	32.00	76.52	Muy bueno
T - 1	U-106	3+360.00	3+392.00	32.00	45.64	Regular
T - 1	U-127	4+032.00	4+064.00	32.00	31.75	Malo
T - 1	U-148	4+704.00	4+736.00	32.00	59.50	Bueno
T - 1	U-169	5+376.00	5+408.00	32.00	78.10	Muy bueno
T - 1	U-190	6+048.00	6+080.00	32.00	11.35	Muy malo
T - 1	U-211	6+720.00	6+752.00	32.00	12.00	Muy malo
T - 1	U-232	7+392.00	7+424.00	32.00	18.00	Muy malo
T - 1	U-253	8+064.00	8+096.00	32.00	17.45	Muy malo
T - 1	U-274	8+736.00	8+768.00	32.00	12.96	Muy malo
T - 1	U-295	9+408.00	9+440.00	32.00	16.44	Muy malo

Nota. Estado de las 15 muestras tomadas en la carretera Hospicio – Los Palos

PCI PONDERADO CARRETERA HOSPICIO-LOS PALOS	37.22	MALO
--	-------	------

Figura 114

Comportamiento de los valores del PCI por progresivas en el tramo



Nota. Adaptado de hoja de Excel

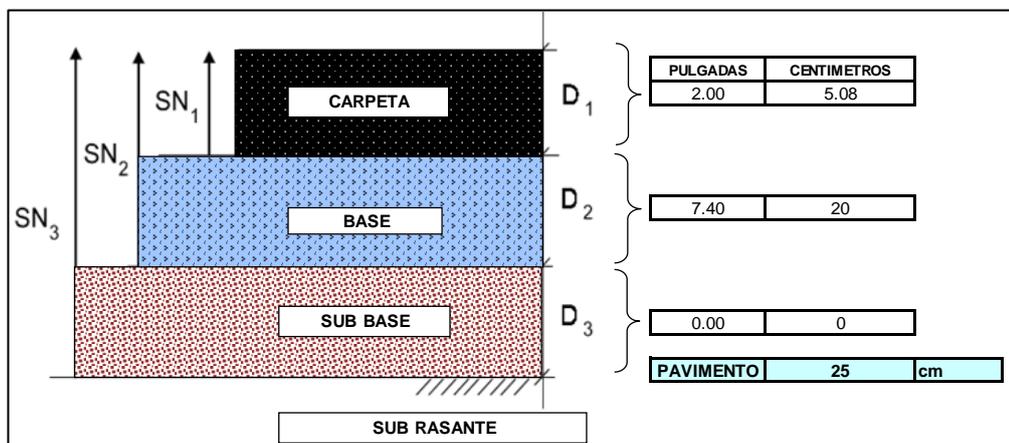
5.2 Análisis del diseño de pavimento flexible

Para el diseño de espesores se utilizó la metodología AASHTO 93, metodología que utiliza factores externos e internos para el diseño de espesores, para reforzar la estructura del pavimento para corregir los defectos funcionales y estructurales.

La propuesta final de espesores para la rehabilitación de la carretera Hospicio – Los Palos es considerar una carpeta asfáltica de 5 cm. con una base granular de 25 cm.

Figura 115

Propuesta de espesores para la carretera hospicio – los palos



Nota. Diseño de la carretera Hospicio – Los Palos

Referente a la comparación de los resultados con la hipótesis general y específicos, debo manifestar que se ha cumplido por lo que la evaluación del estado de conservación de la carpeta asfáltica resultó *mala*, en consecuencia, se realiza una propuesta de diseño de la carpeta asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos, lo cual satisface los requerimientos actuales de la carretera.

CONCLUSIONES

- De la investigación efectuada en la carretera Hospicio – Los Palos, se evaluó el estado de conservación de la carpeta asfáltica utilizando la metodología del PCI y de acuerdo a la calificación del estado de conservación se propone el diseño de espesores de la estructura del pavimento utilizando la metodología AASHTO 93.
- Se han identificado 15 unidades de muestreo utilizando la metodología del PCI, desde la progresiva 0+000,00 Puente Los Palos hasta 9+408,00, carretera Panamericana Sur, determinando valores de PCI en todo el tramo de evaluación, obteniendo un resultado de PCI ponderado = 37,22, calificando el estado de conservación de la carpeta asfáltica como *malo*.
- Se analizaron los factores externos e internos para hallar los espesores de la estructura del pavimento flexible, como la confiabilidad, la desviación estándar, pérdida de serviciabilidad, módulo resiliente de la subrasante, número estructural, coeficientes de capa, coeficientes de drenaje, finalmente los espesores mínimos en función del ESAL de diseño.
- La determinación de los resultados, mediante la calificación del estado de conservación del pavimento nos permite diseñar espesores del pavimento, para mantener las condiciones de confort y seguridad, por lo que planteamos una propuesta de diseño considerando un espesor de la carpeta asfáltica de 5 cm. y un espesor de la base granular de 20 cm.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados de la evaluación del estado de conservación de la carpeta asfáltica, se recomienda a la Municipalidad Distrital La Yarada - Los Palos programar en su plan de inversiones una Rehabilitación de la carretera Hospicio – Los Palos.
- Considerando la evaluación con la metodología PCI, cuyos resultados nos permiten recomendar al Gobierno Regional de Tacna, a la Municipalidad Provincial de Tacna o a la Municipalidad Distrital La Yarada – Los Palos, programar planes de mantenimiento, con el objetivo de garantizar el libre flujo vehicular, para ello pueden considerar los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Se recomienda a las entidades públicas encargadas de ejecutar proyectos de infraestructura vial; que, para los trabajos de mantenimiento, rehabilitación, reconstrucción y proyectos nuevos, considere la utilización de la metodología AASHTO 93 para el diseño de espesores de la estructura del pavimento, debido a que la metodología empírica es fiable.
- Se recomienda a la Municipalidad Distrital La Yarada – Los Palos considerar los espesores determinados en la investigación para la rehabilitación de la carretera Hospicio – Los Palos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO guide for design of pavement structure*, American Association of State and Highway Transportation Officials. Estados Unidos: Guide for design of pavement structure.
- Calo, D. (2012). *Diseño de Pavimento Rígido*. San Salvador de Jujuy-Argentina: Instituto del Cemento Portland Argentino.
- Camacho, J. (2015). *Analisis del ciclo de vida de los pavimentos asfálticos. Life cycle analysis of asphalt pavements*. Nueva Granada-Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Carcial, P. (2015). *Planificación y gestión de la Infraestructura Vial. Modelación del comportamiento de Pavimentos/Pérdida de sercviabilidad*. España: 3ing Arquitectura, Ingeniería y Construcción.
- Cedeño, J. (2014). *Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según AASHTO 93*. Guayaquil - Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Corros, M. (2015). *Manual de Evaluación de Pavimentos*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Delmar, S. (2004). *Conservación de pavimentos: Metodología y Estrategias*. USA: Pavement Preservation System, L.L.C. USA.
- Flores, H. (2016). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento rígido y condición operacional en la avenida Perú del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho-2016*. Huamanga: Universidad Católica los Angeles Chimbote.
- García, A. (2015). *Diseño de pavimento asfáltico por el metodo AASHTO 93 empleando elsoftware DISAASHTO 93*. Bogotá - Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. programa de especialización en ingenieríapavimentos.
- Gomez, S. (2014). *Diseño estructural del pavimento flexible para el anill vial del óvalo Grau - Trujillo, La Libertad*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Guzman, M. (2017). *Evaluacion superficial del pavimento flexible de la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay tramo Av. Jorge basadre Grohmann Este- Av. Basadre y Forero, aplicando el Método del PCI*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

- Leguía, P; Pacheco, H. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el metodo Pavemente Condition Index (PCI) en las vías arteriales: cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)*. Lima: Universidad de San Martín de Porres.
- Lozano, D. (2015). *Diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible en la H.U.P Villa Victoria del distrito de Nuevo Chimbote, mediante el método del Instituto del Asfalto y AASHTO*. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa - Chimbote.
- Medina, R; Farro, D. (2018). *Evaluación superficial y de rugosidad del pavimento en la Av. Circunvalación Oeste, tramo: Ovalo Transportes - Ovalo Cuzco, distrito de Tacna, provincia de Tacna, Tacna -2017*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Moreno, L; Parrales, G; Cobos, D; Cordero, M; Peralta, J; Ponce, F; Baque, B. (2018). *Mantenimiento y conservación de carreteras*. Manabí - Ecuador: Área de innovación y desarrollo, S.L. Primera Edición marzo 2018.
- Rabanal, J. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento, Cajamarca - 2014*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Ramos, E. (2011). *Determinación y Evaluación de las patologías del concreto en las plataformas deportivas de las Instituciones Educativas Estatales*. Tumbes, Tumbes, Perú: Universidad Nacional de Tumbes.
- Rodríguez, E. (2009). *Cálculo del Índice de Condición del Pavimento flexible la Av. Luis Montero, distrito de Castilla. (Tesis de pregrado)*. Universidad de Piura, Piura.
- Salamanca, M; Zuluaga, S. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía, Barranca Lebríja entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del César*. Bogotá - Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Shahin, M. (2005). *Pavement Management for Airports Roads and Parking Lots*. USA: Springer Science + Business Media. LLC 2° Edición.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Manizales: INGEPAV.
- Vergara, A. (2015). *Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay - Ingenio del KM 0+000 al KM 1+000, 2014*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Zapata, A. (2017). *Determinación y evaluación d las patoogías del avimento flexible de la calle Lima del asentamiento humano San Pedro, distrito de Piura, provincia de Piura y departamento de Piura, noviembre 2017*. Piura: Universidad Católica Los Angeles Chimbote.

ANEXO

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Evaluación del estado de conservación y propuesta de diseño de la carpeta asfáltica para la carretera hospicio – los palos, tramo: puente Los Palos-Carretera Panamericana Sur, Tacna - 2020”.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Indicador	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente		
¿Cuál es el estado de conservación y que propuesta mejoraría el diseño de la carpeta asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, ¿2020?	Evaluar el estado de conservación y proponer el diseño de la carpeta asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.	La evaluación del estado de conservación permitirá realizar una propuesta de diseño de la carpeta asfáltica para la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.	Evaluación del estado de conservación del pavimento	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de evaluación • Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. • Ciclo de vida de los pavimentos. • Pavimento flexible • Determinación del estado de conservación del pavimento. • Metodología PCI (Pavement Condition Index). • Cálculo de los valores deducidos • Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m). 	<p>Tipo de Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada con enfoque cuantitativa <p>Diseño de la Investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuasi-experimental <p>Ámbito de Estudio</p> <p>Carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.</p> <p>Población Muestral aleatoria de</p>

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dependiente		
a. ¿Qué cantidad de muestras serán necesarias para conocer el estado de conservación de la carpeta asfáltica de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, ¿2020?	a. Identificar las unidades de muestreo para conocer el estado de conservación de la carpeta asfáltica de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.	a. La identificación de las unidades de muestreo permitirá conocer el estado de conservación de la carpeta asfáltica en la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.	Propuesta de diseño de la carpeta asfáltica	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación PCI de unidades de muestreo. • Determinación PCI de sección • Metodología de diseño AASHTO 93 • Módulo de resiliencia • CBR • Periodo de diseño. • Condiciones de drenaje. • Confiabilidad (R) • Serviciabilidad. • Análisis de tráfico. • Numero estructural. • Espesores de la estructura. 	<p>todas las vías del distrito La Yarada –los Palos</p> <p>Técnicas de Recolección de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación. • Formato de campo • Metodología PCI • Muestreo Calicatas • Calculo CBR • Aforos • AASHTO93
b. ¿Cómo una propuesta de diseño de la carpeta asfáltica mejoraría la respuesta ante los requerimientos actuales de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020?	b. Plantear una propuesta de diseño de la carpeta asfáltica que satisfaga los requerimientos actuales de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.	b. La propuesta de diseño de la carpeta asfáltica logrará satisfacer los requerimientos actuales de la carretera Hospicio – Los Palos, tramo: Puente Los Palos – Carretera Panamericana Sur, Tacna, 2020.			<p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ficha o formulario de observación. • Guías de observación y formatos de campo • Reportes de aforo ficha MTC • Reportes del PCI • Reportes CBR laboratorio