



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Estudio del flujo vehicular y el deterioro de la carpeta
asfáltica en el mantenimiento vial - Av. Javier Prado Lima
2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

Delgado Delgado Jeromi Ludolfo(ORCID:0000-0002-5518-3428)
Ramírez Segovia Javier Andony(ORCID:0000-0002-7520-7917)

ASESOR:

Mg. Ing. Villegas Martínez Carlos Alberto (ORCID:0000-0003-0817-7057)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedicamos a nuestros padres por ser el motor, la inspiración para seguir superándonos y salir adelante en nuestra vida profesional siguiendo el camino correcto. A nuestros asesores que nos estuvieron apoyando en todo momento.

JEROMI, JAVIER

Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad Cesar Vallejo por la oportunidad de enseñarnos el camino y a la realización de este trabajo, en especial a nuestros asesores Mgtr. German Fernando Casusol Ibérico, y Mgtr. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez y nuestros familiares que siempre nos estuvieron apoyando en todo momento en especial a nuestros padres.

JEROMI, JAVIER

Índice de contenidos

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	23
3.1 Tipo y diseño de investigación	24
3.2. Variables y operacionalización	24
3.3. Población, muestra y muestreo	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.5. Procedimientos.....	26
3.6. Métodos de análisis de datos	26
3.7. Aspectos éticos	27
IV. RESULTADOS	28
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIONES	62
VII. RECOMENDACIONES.....	64
VIII. PROPUESTAS	66
IX. REFERENCIAS	89
X. ANEXOS.....	92

Índice de tablas

Tabla 1. Deterioros en la carretera no pavimentada.....	9
Tabla 2. Coeficiente de Alfa de Cronbach	26
Tabla 3. Factor de ponderación en función al tipo de vehículo	29
Tabla 4. Selección de horarios y repetición de veces.....	29
Tabla 5. Flujo clasificado según el tipo de vehículo.....	30
Tabla 6. Ponderación por tipo de vehicular.....	30
Tabla 7. Cálculo del IMDA	31
Tabla 8. Relación de tramos y el tipo de deterioro detectado	50
Tabla 9. Resultado de porcentaje de fallas por tramos	52
Tabla 10. Base de datos.....	55
Tabla 11. Variables.....	56
Tabla 12. Prueba de normalidad	56
Tabla 13. Coeficiente de determinación.....	58
Tabla 14. Análisis de varianza.....	59
Tabla 15. Coeficiente de regresión	59
Tabla 16. Matriz de consistencia	93
Tabla 17. Matriz de operatividad de la variable independiente	94

Índice de gráficos

Gráfico N° 1. Calidad de las vías y pavimentación.....	5
Gráfico N° 2. Piel de cocodrilo.....	13
Gráfico N° 3. Fisuras Longitudinales.....	13
Gráfico N° 4. Profundidad entre 2 cm y 4 cm.....	14
Gráfico N° 5. Profundidad > 12mm.....	15
Gráfico N° 6. Reparación o bacheo de deterioros.....	15
Gráfico N° 7. Desprendimiento.....	16
Gráfico N° 8. Baches.....	16
Gráfico N° 9. Fisuras gruesas.....	17
Gráfico N° 10. Índice nacional del flujo vehicular 2012-2018.....	18
Gráfico N° 1. Índice nacional del flujo vehicular ligero 2012-2018.....	18
Gráfico N° 2. Índice nacional del flujo vehicular pesado 2012-2018.....	19
Gráfico N° 13. Tipos de pavimentos.....	20
Gráfico N° 14. Deterioro de un pavimento.....	18
Gráfico N° 15. Estructura del HDM-4	21
Gráfico N° 16. Descripción cualitativa en la condición del pavimento.....	22
Gráfico N° 17. Metodología de investigación.....	26
Gráfico N° 18. Variables de investigación.....	26
Gráfico N° 19. Registro de la vía de análisis usando Google Maps.....	27
Gráfico N° 20. Flujo vehicular en la Av. Javier Prado	30
Gráfico N° 21. Tramo 1	31
Gráfico N° 22. Tramo 2	32
Gráfico N° 23. Tramo 3	32
Gráfico N° 24. Tramo 4	33
Gráfico N° 25. Tramo 5	34
Gráfico N° 26. Tramo 6	34
Gráfico N° 27. Tramo 7	35
Gráfico N° 28. Tramo 8	35
Gráfico N° 29. Tramo 9	36
Gráfico N° 30. Tramo 10	36
Gráfico N° 31. Tramo 11	38
Gráfico N° 32. Tramo 12	39

Gráfico N° 33. Tramo 13	39
Gráfico N° 34. Tramo 14	38
Gráfico N° 35. Tramo 15	39
Gráfico N° 36. Tramo 16	39
Gráfico N° 37. Tramo 17	40
Gráfico N° 38. Tramo 18	40
Gráfico N° 39. Tramo 19	41
Gráfico N° 40. Tramo 20	41
Gráfico N° 41. Tramo 21	42
Gráfico N° 42. Tramo 22	42
Gráfico N° 43. Tramo 23	43
Gráfico N° 44. Tramo 24	43
Gráfico N° 45. Tramo 25	44
Gráfico N° 46. Tramo 26	44
Gráfico N° 47. Tramo 27	45
Gráfico N° 48. Tramo 28	45
Gráfico N° 49. Tramo 29	46
Gráfico N° 50. Tramo 30	46
Gráfico N° 51. Curvas de valor deducido	48
Gráfico N° 52. Curva de corrección	48
Gráfico N° 53. Indices del pavimento	53
Gráfico N° 54. Inicio del proyecto	70
Gráfico N° 55. Clasificación de los costos unitarios de los vehículos	71
Gráfico N° 56. Características básicas	71
Gráfico N° 57. Módulo de clasificación por tipo de vehículo (motorizado o no)	72
Gráfico N° 58. Calibración de vehículos	72
Gráfico N° 59. Tipo de conservación	73
Gráfico N° 60. Tipo de rodadura	74
Gráfico N° 61. Tipo de velocidad / capacidad	74
Gráfico N° 62. Ingreso del análisis de proyectos	75
Gráfico N° 63. Alternativas de solución con sus combinaciones	76
Gráfico N° 64. Módulo de análisis de datos	76
Gráfico N° 65. Simulación del programa	77
Gráfico N° 66. Tipos de estrategias	78

Gráfico N° 67. Informe de intensidad del tráfico	79
--	----

Índice de anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia.....	933
Anexo 2: Matriz de operatividad.....	944
Anexo 3: Ficha de validación del instrumento (Experto 1).....	955
Anexo 4: Ficha de validación del instrumento (Experto 2).....	96
Anexo 5: Ficha de validación del instrumento (Experto 3).....	97
Anexo 6: Formato de clasificación vehicular	98
Anexo 7: Alternativas de solución por fallas en pavimentos	99
Anexo 8: Formato de evaluación.....	100
Anexo 9: Matriz de evaluación en pavimentos flexibles	1011
Anexo 10: Curvas de valor deducido	102
Anexo 11: Curva de corrección	1055

Índice de abreviaturas

Fisuras finas.

Hendiduras, rajaduras delgadas, micro fisuras, con un ancho menor a 10 mm.

Fisura media.

Son hendiduras entre 10 mm a 30 mm.

Fisura gruesa.

Son hendiduras mayores a 30 mm.

Gestión de conservación vial.

Son actividades planificadas para la conservación vial para la seguridad, economía y fluidez de los usuarios.

Reparación.

Arreglar o recuperar la infraestructura vial en mal estado.

Resumen

La investigación tiene por objetivo Determinar si el flujo vehicular influye en el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial de la Av. Javier Prado Lima 2020. Tiene como metodología de investigación aplicada, usando el método científico deductivo para la aplicación de técnicas estadísticas, como es el caso de las pruebas de normalidad, Wilcoxon (no paramétricas), redes neuronales (perceptrón múltiple). Se tomaron como muestra 30 tramos distribuidos en 6.9 metros lineales para ser analizadas en toda la av. Javier Prado.

Entre las conclusiones se considera a un 95% de confianza que existe relación entre el flujo vehicular y el deterioro de la carpeta asfáltica, teniendo al tráfico como el principal factor que influye en el deterioro de la carpeta asfáltica en un 85%, también se analizó a través del programa HDM-4 que los estados de condición de pavimento incrementan el deterioro de la carpeta asfáltica en un 61% en condición mala, 26% en condición regular y 13% en condición buena. Se recomienda que los sistemas de mantenimiento periódico encargadas por las entidades públicas y privadas utilicen sistemas de gestión en mantenimiento de vías utilizando el software HDM-4 que pueden ayudar a la gestión en el mantenimiento de la vía a través de simulaciones programadas para medir mejor los niveles de estados de vía, debido a que existen tramos diferenciados en el estado de la vía.

Palabras clave: Flujo vehicular, deterioro, carpeta asfáltica, mantenimiento vial.

Abstract

The objective of the research is to determine if the vehicular flow influences the deterioration of the asphalt layer in the road maintenance of Av. Javier Prado Lima 2020. Its application research methodology, using the deductive scientific method for the application of statistical techniques, as is the case with the normality tests, Wilcoxon (non-parametric), neural networks (multiple perceptron). 30 sections distributed in 6.9 linear meters were taken as a sample to be analyzed throughout the av. Javier Prado.

Among the conclusions, 95% confidence is considered that there is a relationship between the vehicular flow and the deterioration of the asphalt layer, with traffic as the main factor influencing the deterioration of the asphalt layer by 85%, it was also analyzed Through the HDM-4 program, the states of pavement condition increase the deterioration of the asphalt layer by 61% in poor condition, 26% in fair condition and 13% in good condition. It is recommended that periodic maintenance systems commissioned by public and private entities use road maintenance management systems using HDM-4 software that can help manage road maintenance through programmed simulations to better measure the levels of road states, due to the fact that there are different sections in the state of the road,

Keywords: Vehicle flow, deterioration, asphalt layer, road maintenance.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las vías han permitido romper el aislamiento entre los pueblos, la cual tiene como consecuencia la reducción de obstáculos teniendo los accesos, como son una topografía y climas (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018). El desarrollo de la vialidad y el transporte se encuentran asociadas; ya que para que exista una vía se requiere de vehículos que la usen, sin embargo, el uso constante puede ocasionar un problema a largo plazo. Esta necesidad se vio obligada a incluir una integración social, económica y geopolítica donde la infraestructura se limita a una existencia de la conservación vial (mantenimiento vial). Según el Banco Mundial (2020), “Menciona que existe una serie de objetivos de desarrollo sostenible (ODS), es una estrategia mundial enfocada a la seguridad vial, teniendo como objetivo reducir la cantidad de muertos, lesionados por accidentes de tráfico, por este motivo, la necesidad de realizar una conservación y mantenimiento de las vías. El control y normalización de la motorización, va a ir en función al aumento, como es el caso de Argentina donde incremento en 28% en los últimos cuatro años (incremento vehicular)” (Banco Mundial, 2020). Por otro lado, la Organización Panamericana de la Salud (2016), “Menciona que solo en América latina; existen 154,089 personas que han fallecido a causa de accidentes viales, siendo el grupo de 15 a 44 años los que han tenido mayor incidencia; esta tendencia se ha repetido en Colombia; con una la tasa de muertes de 19 muertos por día, teniendo un total de 6,806 personas muertas en todo el año, mientras en Perú fue de 2,696 donde perdieron la vida, y Uruguay existe una tasa de siniestros del 8.7% con 21,243 incidentes” (Banco Mundial, 2020). Por este motivo, el reporte estadístico revela diferentes niveles de muertes que tienen una complejidad, que puede encontrarse en función a varios factores sea desde la educación vial, tránsito, calidad del material de las vías, diseño y mantenimiento de estas, sin embargo, esta última puede ser controlables por la organización que le compete a cada país.

A nivel regional, Argentina tiene una serie de problemas viales que se encuentran básicamente por la cantidad de rutas, en ese sentido, en el 2008, se creó la agencia de seguridad vial, que se encuentra respaldado por la siniestralidad de las vías, en ese sentido, los informes observacionales se encuentran respaldados por temas socioculturales, donde solo el 40% circulen en cinturón de seguridad. Esta homogenización acerca de la publicidad en del cumplimiento de las leyes. En ese

sentido, la mayoría de los países de la región cuentan con un marco normativo, sin embargo, el enfoque de políticas sostenibles a largo plazo, puede permitir que existan mejoras significativas, lo que han contado con una serie de regulaciones que se encuentran en el sector privado a cambio de regulaciones (Banco Mundial, 2020).

A nivel nacional, según Ministerio de transporte y Comunicaciones (MTC, 2016), “El sector transporte ocupa el 24% de brecha en infraestructura, siendo las redes viales las que tiene una faltante en 12,791 miles de millones de dólares. Este indicador se encuentra respaldada en el 2016, de 18,420 carreteras pavimentadas y una calidad en carreteras en 3 puntos de calificación” (Ver Gráfico N° 1).

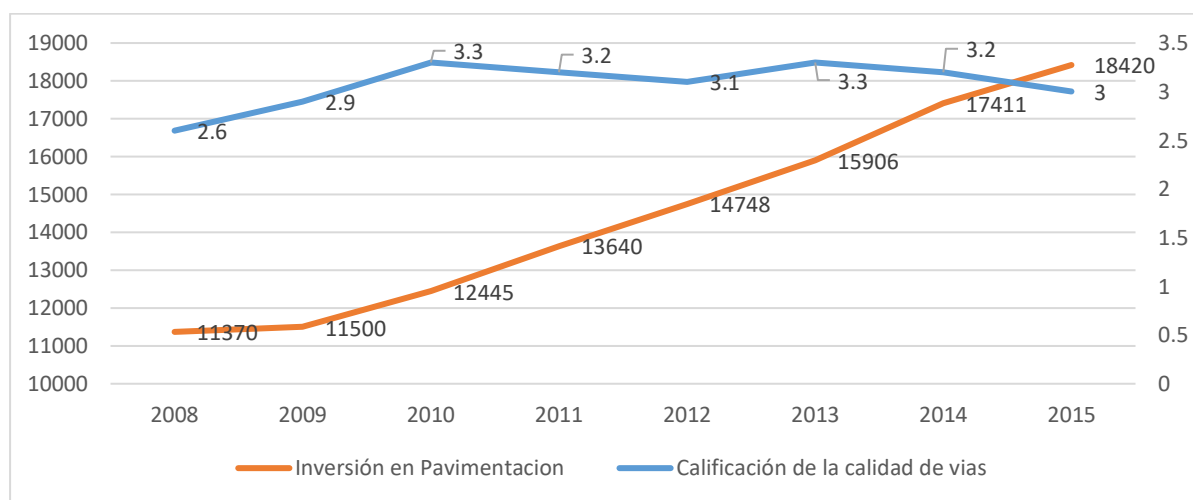


Gráfico. N° 3 . Calidad de las vías y pavimentación

Fuente. Tomado de (MTC, 2016)

Si bien, según la gráfica n° 1, se observa que existe una alta cantidad en inversión para la pavimentación, esta refleja una mala gestión en los mantenimientos, donde la correlación inversa histórica puede revertirse en función a una optimización de los recursos a través de herramientas tecnológicas. El MTC (2020) menciona que, para maximizar la diferencia del beneficio frente al gasto vial por inversión y conservación vial, constituye el nivel óptimo deseado, en la ingeniería de la vialidad pública, la demanda se encuentra en función a factores que pueden estar sujetos a épocas de cosecha, épocas de vacaciones, época navideña, entre otros. Por este motivo, el tipo de mantenimiento vial se encuentran respaldado por estudios técnicos, tales como el incremento vehicular y el deterioro de la carpeta asfáltica como los principales factores (MTC, 2020), de esta manera se considera como factores clave para solucionar un problema de interés social, económico y tecnológico.

Por este motivo, se construye la problemática de la siguiente forma:

PG. ¿De qué manera afecta el flujo vehicular y el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial en la Av. Javier Prado?

De la siguiente forma se construye los problemas específicos:

PE1. ¿Cómo influye el tráfico vehicular en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado?

PE2. ¿Cómo influye las condiciones del pavimento en el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado?

Por este motivo, se justifica el estudio de la siguiente forma:

Teórica. El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2019); actualmente tiene una política de conservación de vías de pavimentos flexibles y rígidos, usando el indicador de Índice Medio Diario (IMD), por este motivo tiene la necesidad de establecer metodologías para esta conservación; creando una mejor estimación para la toma de decisiones, en función a la cantidad de vehículos que transitan y el nivel de requerimientos que estas están (desgaste). La relación que existe entre ambas variables puede definirse a circunstancias físicas y químicas de la zona, como, por ejemplo, zonas de carretera a pueblos, donde el efecto climático puede afectar el desgaste de la vía, ocasionando problemas en el largo plazo, por las grietas que se generan. La conservación oportuna genera ahorros debido al mantenimiento preventivo de la vía.

Práctica. La aplicación de una simulación de escenarios del desgaste asfáltico vs el incremento del tránsito vehicular; ayuda a la toma de decisiones, generando políticas de conservación de pavimentos rígidos y flexibles, los cuales sean utilizados como metodología de predicción. Estos escenarios pueden ser analizado a través de un software llamado HDM-4, el cual mide las causas que deterioran la carpeta asfáltica. Adicionalmente, el IMDA es calculado utilizando la técnica de redes neuronales para mejorar esta predicción (se utiliza el software SPSS, para la predicción del IMDA, multicapa perceptrón, regresión lineal múltiple).

Social. Se benefician a las poblaciones que hace uso del pavimento en el área de influencia, empresas que transportan personas y mercancía, población de tránsito (población flotante), las instituciones que se hacen cargo de la conservación de las mismas (MTC, Municipalidades, peajes), debido a que la vía podrá mantenerse conservada.

El objetivo se desarrolla de la siguiente forma: Determinar si el flujo vehicular y el deterioro de la carpeta asfáltica influyen en el mantenimiento vial en la Av. Javier Prado.

El objetivo es de la siguiente forma:

OE1. Calcular si el tráfico vehicular incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado.

OE2. Estimar si las condiciones del pavimento incrementan el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado.

De la misma manera se construye la hipótesis para responder cada variable: El flujo vehicular incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial en la Av. Javier Prado. De la misma manera, las hipótesis específicas:

HP1. El tráfico vehicular incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado.

HP2. Las condiciones del pavimento incrementan el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado.

II. MARCO TEÓRICO

Alvin (2017). “Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales. Carretera El Seibo – Hato mayor”. Tuvo como objetivo diseñar un plan de mantenimiento preventivo como correctivo, donde garantice el estado de la infraestructura. El diseño fue aplicativo y un plan de mantenimiento. Se concluye que los factores significativos para la conservación son: diseño geométrico, estudio del tráfico y condiciones climáticas. En relación a la investigación, se considera que una de las variables a investigar guarda relación con esta investigación, como es el caso del tráfico o el incremento de la densidad vehicular.

Tapia (2016). “Evaluación ex – post del programa de mantenimiento vial por niveles de servicio en la red vial estatal del Ecuador”. Tuvo por objetivo analizar el incremento de costos de mantenimiento y operación, donde comprende ejecución, reparación y mejoramiento de vía. La metodología fue cuantitativa de tipo experimental, donde la contratación de la gestión y ejecución del mantenimiento fue por resultados. Como resultado se tuvo que los programas de mantenimiento se deberían enfocar en la búsqueda de soluciones para mejorar la calidad del servicio y los métodos empleados en la conservación vial, por ello, esta última dimensión tiene relación con la variable desgaste de la carpeta asfáltica.

Zarate (2016). “Construye un modelo de gestión de conservación vial para reducir costos de mantenimiento vial y operación vehicular del camino vecinal Raypa – Huanchay – Molina, distrito de Culebras-Huarmey”. Tiene como objetivo determinar la diferencia entre la frecuencia entre el costo que implica intervenir a tiempo en una vía, dejando desarrollar su deterioro y postergando el mantenimiento o rehabilitación. La metodología fue cualitativa, usando el camino vecinal aproximadamente de 13 km, la cual servirá como modelo, tanto para aplicar una adecuada gestión de conservación vial y la reducción de costos de operación vehicular y costos de mantenimiento vial. Como resultado se tiene que el modelo de estudio del tráfico tiene una consignación de información histórico de la vía, aplicable a cualquier vía de tercera clase en los Gobiernos distritales o provinciales.

Salazar, Torres (2016). “Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial av. Fitzcarrald, tramo carretero Pomalca – av. Víctor Raúl Haya de

la Torre. Tiene por objetivo evaluar un pavimento para determinar las causas de fallas o deterioros que se presentan en él”. La metodología fue topográfica, de tráfico, evaluación superficial y estructural del pavimento (ensayos de campo y laboratorio). El tipo de investigación fue cuantitativo – cuasi experimental, con tres exploraciones a cielo abierto de la vía. Se utilizó guías de observación y entrevistas al equipo técnico de obras de la municipalidad. El tramo en estudio tuvo 1,255.76 m, IMDA de 6141 vehículos / día y los materiales usados en la estructura del pavimento no cumplen con los requerimientos mínimos del MTC. Se tiene como resultado que la construcción de una nueva estructura del pavimento debe ser acompañado de un drenaje subterráneo lateral como medidas de rehabilitación.

Fustamente (2019). “Estructuración del método de cálculo del IMDA aplicado a un proyecto Av. Sánchez Cerro”. El objetivo es el diseño por capacidad de una vía o intersección y diseño operacional de una intersección controlada, a través de un procedimiento para su cálculo y proyecciones futuras. La metodología son los conteos vehiculares, enfocada en intersecciones; con obtención del IMDA y proyecciones. Entre los resultados se tiene la intersección de Av. Sánchez Cerro y Av. Gullman, con la proyección al 2016, en base al conteo del 2010, donde la estructuración del método clásico para el cálculo del IMDA en intersecciones y sus proyecciones facilita la comprensión y aplicación del método a reducir errores en los cálculos.

Rojas (2018). “Gestión de mantenimiento vial y su influencia en la satisfacción del usuario de la carretera Shapaja - Chazuta, 2018”, tiene como objetivo: determinar la influencia de la gestión de mantenimiento vial en la satisfacción del usuario en la carretera Shapaja-Chazuta. El estudio fue no experimental, correlacional, la población fue de 8,111 pobladores y una muestra de 67 pobladores, donde se les aplicó dos cuestionarios. Entre los resultados, que la tendencia fue entre medio y bajo de la percepción de los usuarios con una vía con relación a la ejecución de los trabajos de mantenimiento rutinario y periódico; tienen una correlación de 0,891 (significación bilateral de: $p = 0,000 < 0,05$) donde se concluye que la gestión de mantenimiento vial influye en la satisfacción del usuario.

A continuación, se muestra las teorías relacionadas al tema: Mantenimiento de las vías. Los nuevos procedimientos, materiales y equipamiento han significado la optimización de resultados donde se comparte un conjunto de acciones diseñadas al concepto de

alternativas que se encuentran de acuerdo a la realidad de cada tecnología. Si bien, la infraestructura vial, es un bien común, el costo de construcción, así como de su mantenimiento requieren de un proceso estratégico ligado a la garantía para la construcción o reconstrucción.

El presupuesto anual en que se compete, se basa recursos económicos, maquinas, herramientas y personal, donde el servicio operativo cubre una tarea específica con una prevención de programación que se dedica a la conservación por deterioros, donde existen una serie de componentes, tales como: taludes, pistas, puentes, señales y dispositivos de seguridad. Por este motivo, existen una serie de actividades que se encuentran en función a la conservación rutinaria, eliminando los baches, rajaduras o hendiduras, donde la limpieza, con las calzadas, que pueden ser reportadas sistemáticamente en normas para evitar deterioro. Por este motivo, el gasto en la conservación se clasifica como gasto corriente y cubre una necesidad estimada en función al personal y a las tareas. Pero, por su lado, la conservación periódica tiene un periodo una vez al año, en la recuperación de la calzada y bermas, donde el proceso se tiene en función a un incremento de la demanda vehicular.

Deterioros en Plataforma. El diagnóstico en los parámetros de la condición, se identifica en criterios, que según catalogo se optimizan en función a deterioros viales, la clasificación y cuantificación con una probabilidad de éxito.

Tabla 1. *Deterioros en la carretera no pavimentada*

Código	Deterioros	Gravedad
1	Deformación	1: Huellas / hundimientos a usuarios <5 cm 2: Huellas / hundimientos entre 5 cm a 10 cm 3: Huellas / hundimientos > 10 cm
2	Erosión	1: Sensible al usuario, pero profundidad < 5 cm 2: Profundidad entre 5 cm y 10 cm 3: Profundidad > 10 cm
3	Baches (huecos)	1: Pueden repararse por conservación rutina 2: Se necesita una capa de material adicional 3: Se necesita reconstrucción
4	Encalaminado	1: Sensible al usuario, pero profundidad < 5cm

		2: Profundidad entre 5 cm y 10 cm
		3: Profundidad > 10 cm
5 y 6	Lodazal y cruce	1: Transitabilidad baja o intransitabilidad en épocas de lluvias

Fuente. Propia.

- a) Deterioro. Deformación. Es el ahuellamiento debido a la deformación de la capa grava o subrasante en las huellas del tráfico.
- b) Ahuellamiento del desgaste superficial en las huellas del tránsito.
- c) Capacidad del soporte de la subrasante.

Causas:

Insuficiencia estructural acentuada por el volumen en el exceso del tráfico, geometría de la Carretera, clima y drenaje.

Por este motivo, existen algunas deformaciones que se consideran en las medidas correctivas: sin medida correctiva, compactación, recapeo parcial, reconstrucción.

Para clasificar según el tipo de deterioro:

a) Deterioro 1. Piel de cocodrilo.

Son fisuras que se forman polígonos irregulares de ángulos agudos. Se muestran en principio, poco grave con polígonos incompletos, dibujados en una superficie donde disminuye las condiciones climáticas.

Las causas se encuentran en el fenómeno de la fatiga en las capas asfálticas que son sometidas, a una repetición de cargas superior permisible. La insuficiencia estructural en el pavimento se encuentra en la superficie donde existen niveles de gravedad, que se encuentran de la siguiente forma:

Malla grande (>0.5m) sin material de malla

Malla mediana (entre 0.3 a 0.5m) sin o con material suelto.

Malla pequeña (<0.3 m) sin o con material suelto.

Las posibles medidas correctivas, se encuentran con un sello de capa asfáltica (malla grande >0.5 m) (Ver Gráfico N°2).



Gráfico. N° 4. Piel de cocodrilo

b) Deterioró 2: Fisuras longitudinales

Son fisuras longitudinales donde evolucionan con una carga permisible.

Las causas se encuentran en la ramificación del tráfico, convirtiéndose en una repetición de cargas de insuficiencia estructural.

Los niveles de gravedad se encuentran en:

Fisuras finas en huellas del tránsito (ancho <1m)

Figuras medias, a fisuras abiertas (ancho >1 mm, y 3 mm).

Figuras gruesas abiertas (ancho >3 mm) (Ver Gráfico N° 3)

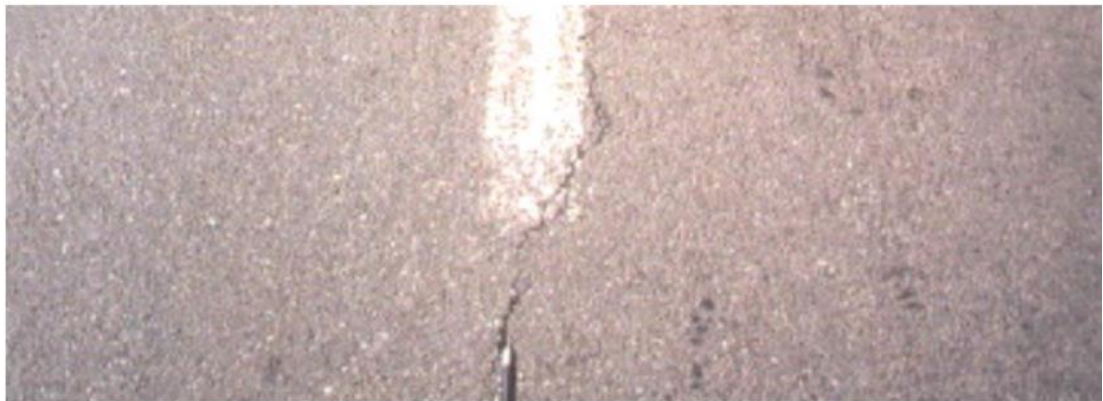


Gráfico. N° 5. Fisuras Longitudinales

Se incluyen fisuras longitudinales, discontinuas y únicas al inicio.

El deterioró es consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfáltica con repetición de cargas con pavimentación. Con el tránsito (ancho < 1mm).

c) Deterioro 3: Deformación por deficiencia estructural

Son pavimentos flexibles, que se caracterizan en la totalidad:

Donde las deformaciones por deficiencia estructural, depresiones o localizadas.

Donde la gravedad se encuentra en la regla 1.50 m de longitud con la calzada.

La depresión en el trazado de ruedas se encuentra en el ancho superior de 0.8 m, donde los pavimentos de 0,5 a 0,8 m.

Entre los deterioros son consecuencias del fenómeno de fatiga con una carga superior del pavimento y la subrasante con una insuficiente estructural.

Niveles de gravedad, Profundidad sensible al usuario < 2 cm, Profundidad entre 2 cm y 4 cm, Profundidad > 4 cm.

Entre las medidas correctivas, esta es: recuperación de la carpeta asfáltica con mezcla caliente, carpeta asfáltica, rehabilitación o reconstrucción 8 (Ver Gráfico N° 4).

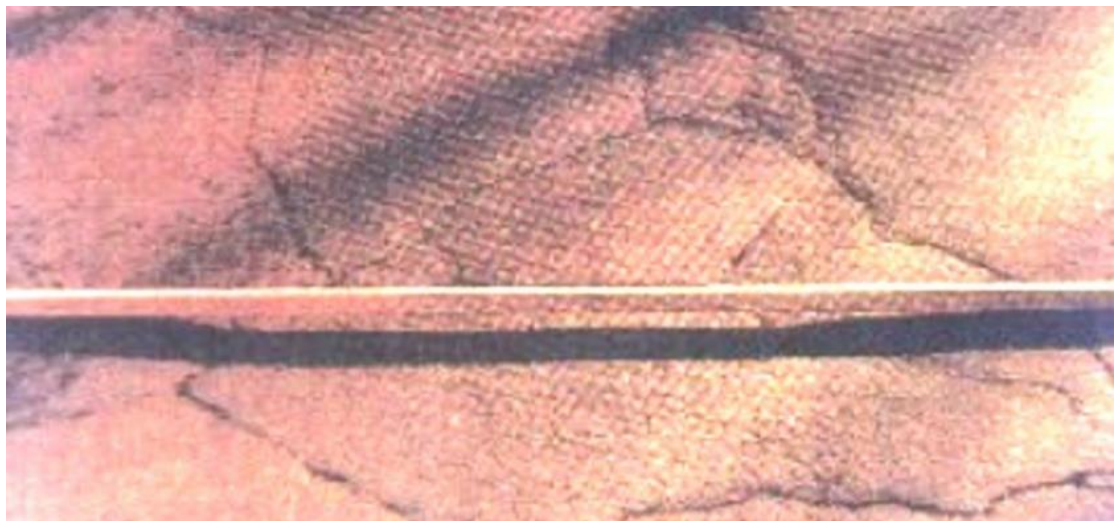


Gráfico. N° 6. Profundidad entre 2 cm y 4 cm

d) Deterioro 4: ahuellamiento

Las deformaciones en los pavimentos flexibles en la totalidad de casos:

Entre las depresiones continuas, donde el ahuellamiento relacionado con el comportamiento inestable en la capa de rodadura.

Entre las causas probables: Defecto, dosificación del asfalto, inadecuado asfalto, temperatura de la capa, inadecuado de agregados, y clase de tránsito (Ver Gráfico N° 5).



Gráfico. N° 7. Profundidad > 12mm

e) Deterioro 5: Reparaciones

Son reparaciones para mitigar los defectos del pavimento, donde de manera provisional se encuentra en el número de extensión y su frecuencia en los elementos de diagnóstico.

Si bien, las reparaciones se encuentran clasificadas por un examen visual, las reparaciones se pueden determinar por la estructura del pavimento.

Entre las causas se encuentran en la insuficiencia estructural o fallas superficiales.

Donde existen reparaciones por deterioros o fallas superficiales, reparación de piel de cocodrilo, reparación de fisuras longitudinales (Ver Gráfico N° 6).



Gráfico. N° 8. Reparación o bacheo de deterioros

f) Deterioro 6: Peladura y desprendimientos

Incluye la desintegración superficial de la carpeta asfáltica debido a la pérdida del ligante bituminoso o del agregado.

Estas causas son probables, por el defecto en la adherencia en la dosificación del mismo, asfalto defectuoso o endurecimiento, agregados defectuosos, y efectos de agentes agresivos (Ver Gráfico N° 7).



Gráfico. N° 9. Desprendimiento

g) Deterioro 7. Baches (Huecos)

Son consecuencias del desgaste o la destrucción de la capa de rodadura. Estas causas provienen del desprendimiento o fisura de fatiga.

Entre los niveles de gravedad, se tiene: 1) Diámetro < 0.2 m, Diámetro entre 0.2 y 0,5 m, Diámetro > 0.5 m.

Donde existen medidas preventivas, con reparaciones por carpeta asfáltica con mezcla caliente (Ver Gráfico N° 8).



Gráfico. N° 10. Baches

h) Deterioro 8: Fisuras transversales

Son fracturas del pavimento al eje de la vía. Esta falla proviene de la retracción térmica de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido al exceso o envejecimiento del asfalto.

Entre los niveles de gravedad, se tiene que: 1. Finas (ancho < 1 mm), 2. Fisuras medias (ancho > 1 mm, y > 3 mm), Fisuras gruesas, abiertas (ancho > 3 mm) (Ver Gráfico N° 9).



Gráfico. N° 11. Fisuras gruesas

Actividades de conservación rutinaria. La limpieza de registros y buzones tanto en materiales, donde se elimina la basura, sedimento, material de arrastre que obstaculiza el flujo de agua. Por lo general, los equipos y herramientas son necesarios: volquete, lampas, rastrillos, carretillas, soga, baldes, machetes, y otros.

Incremento vehicular. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018) reporto que el flujo vehicular registradas en garitas en unidades ligeras (4.2%) y pesadas (3.9%) se encuentran en 4.1%, en el último año, situación que se sustentó de febrero 2017 a enero 2018. Este comportamiento se debe al desempeño de la economía tanto el sector construcción, agropecuario, comercio y manufactura.

Sin embargo, el incremento del parque automotor, en los últimos años ha significado que el 66% de la población vehicular de Lima y Callao, por ello, el tráfico se encuentra marcado por la población de planificación a una sobrepoblación, que afectan el alto efecto vehicular (Ver Gráfico N° 10).

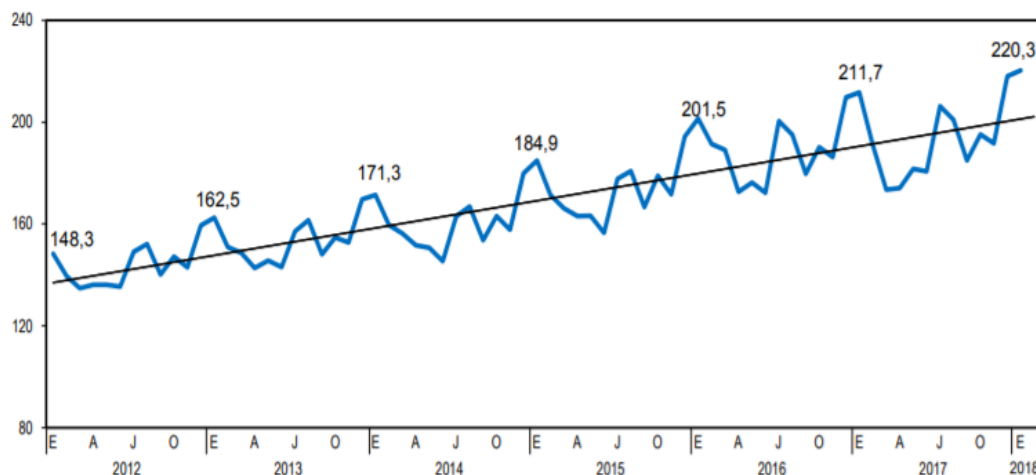


Gráfico. N° 12. Índice nacional del flujo vehicular 2012-2018 (año base 2007=100)

Fuente. Tomado del INEI (2018) – OTED

Este incremento sostenido en el tiempo, crea un problema en el mantenimiento de las vías, ya que genera deterioros y esto genera una inversión si no reparada a tiempo (Ver Gráfico N° 11).

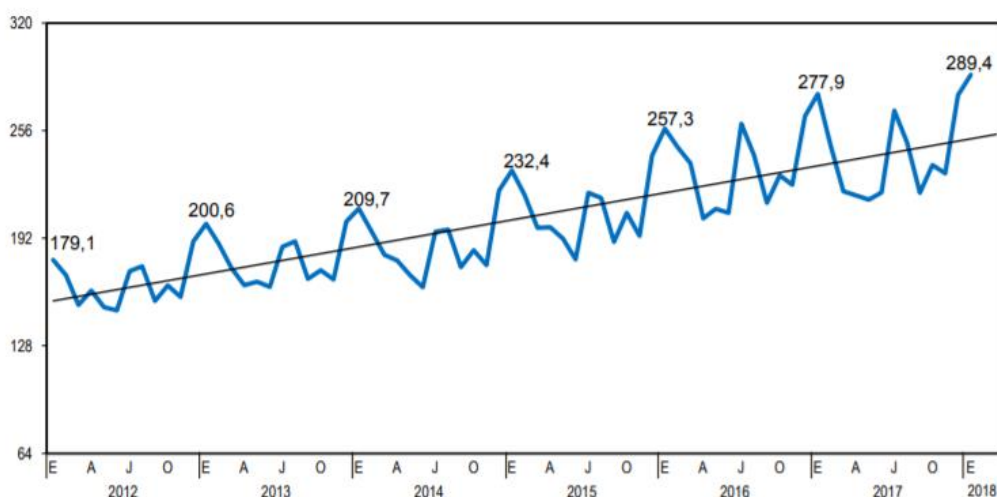


Gráfico. N° 13. Índice nacional del flujo vehicular ligero 2012-2018 (año base 2007=100)

Fuente. Tomado del INEI (2018) - OTED

Por ejemplo, se puede observar que existen diferencias significativas entre los flujos de vehículos ligeros con los pesados, debido a la dimensión promedio del tránsito, en ese sentido, la capacidad que tiene cada registro, puede ocasionar problemas diferentes según la vía y las condiciones del mismo (clima).

Por ello, es importante investigar y adecuar la norma que solo regula el IMD, y no analiza otros aspectos como estos casos (Ver Gráfica N° 12).

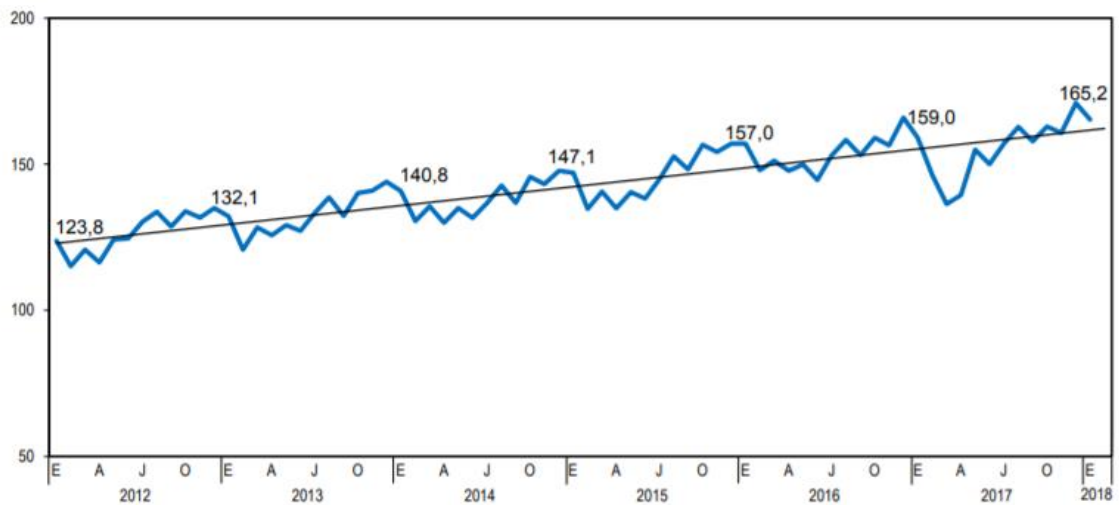


Gráfico. N° 14. Índice nacional del flujo vehicular pesado 2012-2018 (año base 2007=100)

Fuente. Tomado del INEI (2018) – OTED

Por todo ello, los retornos de inversión pueden verse afectados por la mala administración en que los sistemas de reportes no consideran los mantenimientos periódicos adecuados. En ese sentido, la capacidad de trabajo de cada institución, deben encontrar mecanismos de adecuación tecnológica para la composición de los trabajos en la refacción de las vías.

Deterioro de la carpeta asfáltica. Para entender mejor el deterioro de la carpeta asfáltica, se requiere definir que es una pavimentación, la cual se encuentra definida por una serie de capas de materiales, lo cual puede encontrarse en función a las necesidades de la construcción y de los vehículos en que encuentran.

La pavimentación puede dividirse en rígidos y flexibles, la cual pueden existir una serie de cargas que producen rodaduras, y dependiendo del constructor y del material que se usó, esta puede distribuirse uniformemente, si bien, pueden existir una serie de supervisiones y exigencias por parte de la entidad demandante, esta puede variar (Ver Gráfico N° 13).

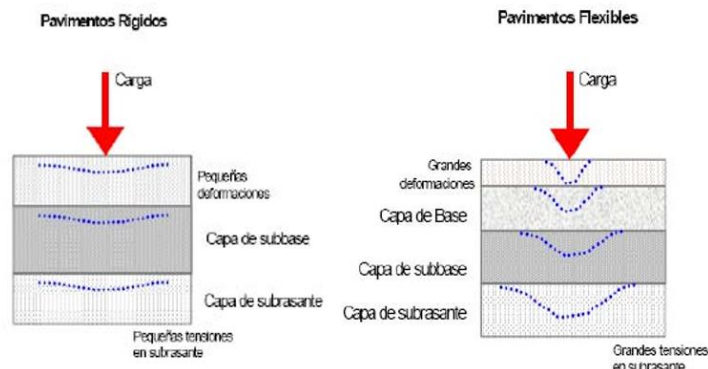


Gráfico. N° 15. Tipos de pavimentos

Debido al deterioro del pavimento, existe una serie de distribuciones logística inversa teniendo como la afectación que se tiene en una comunidad y que afectan el mantenimiento de la misma. La responsabilidad de sub sistemas han creado un conocimiento que se inserta en la necesidad de construir caminos de calidad (Ver Gráfico N° 14).

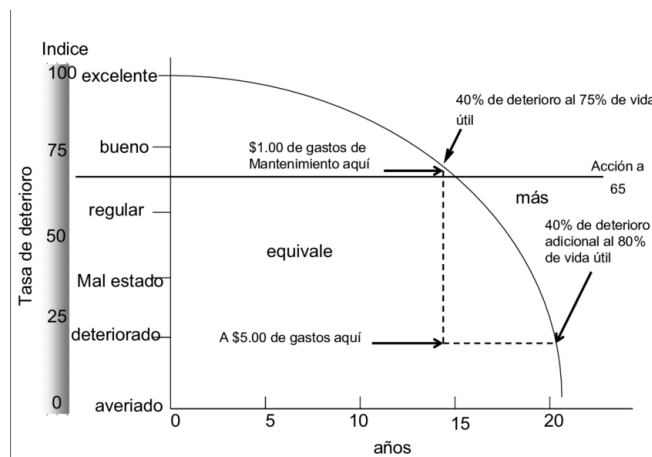


Gráfico N° 14. Deterioro de un pavimento

Mantenimiento vial. Según la Ley n° 27783: se define como la “Gestión en la infraestructura: administrar infraestructura vial en carreteras del SINAC, con funciones de planeamiento, ejecución, mantenimiento y operación, donde la preservación de la integridad física del derecho de vía (DS 034-2008-MTC, Art

6°)" (MTC, 2016, p. 12), esta entidad es responsable del mantenimiento, pero la mala capacidad en su desarrollo, puede ser detectada a través de indicadores de calidad.

En ese sentido, en el artículo 15.2 "es responsabilidad de autoridades competentes establecidas en el artículo 4, realizar las actividades de mantenimiento en forma permanente y sostenida (MTC, 2015)"; este tipo de normas no son supervisadas por las entidades, creando en el tiempo el deterioro debido a la falta en la planificación de las vías. Si bien esta ley contempla dos tipos de mantenimientos (periódicos y rutinarios), existe una serie de alcances que deben ser definidos como tales:

Técnicas en la conservación de carreteras. Son medidas en que se recupera la infraestructura del pavimento, considerando medidas presupuestarias. Estas también se encuentran en función a medidas estructurales, como es el caso del uso en que el pavimento puede ser flexible por la capacidad estructural. Por este motivo, un pavimento relativamente en buena capacidad estructural requiere de cierta rugosidad que pueda afectar al conductor una capacidad funcional. Por este motivo, existe tres niveles: restauración, rehabilitación y reconstrucción.

Restauración. Son técnicas donde la infraestructura es aceptable y mantiene una infraestructura aceptable o mínima. La aplicación en el tiempo son soluciones de bajos costos como comparaciones de políticas de mantenimiento. Esta política protege el deterioro acelerado y acciones de conservación.

Según el MTC (2015), "Define como mantenimiento rutinario al conjunto de actividades que realiza en vías para conservar el servicio". Estas actividades son manuales o mecánicas y referidas a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en

la superestructura y subestructura de los puentes (MTC, 2015, pág. 9)

De la misma manera mantenimiento periódico, “es el conjunto de actividades, programables en períodos, que se realizan en vías para conservar el servicio. Pueden ser manuales o mecánicas: i) reposición de capas de rodadura, ii) reparación o reconstrucción de capas inferiores del pavimento, iii) reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, seguridad vial, y señalización, iv) reparación o reconstrucción de plataforma de carretera y v) reparación o reconstrucción de los componentes de los puentes” (p. 9).

Rehabilitación. Son características con una superficie de rodadura, entrega con un aumento en la superficie con la seguridad y resistencia. La nueva carpeta corrige defectos de forma transversal y superficie. Este espesor del recapeo tiene una capacidad estructural en la vida útil. Si bien, los materiales utilizados pueden tener características constructivas el espesor para la capacidad requerida es extenso en función a la vida útil del pavimento.

Reconstrucción. Es reemplazar el pavimento incluyendo bases de un asfalto u hormigón. Si bien, este puede ser reemplazada por capas o reciclándolas.

Redes neuronales. La programación en redes neuronales, es un tipo de aproximación estadística, la cual permite determinar una distribución matemática de un fenómeno observado. A diferencia de las técnicas estadísticas comunes (sea paramétrica, no paramétrica o multivariada), esta posee una serie de características donde su composición de programación y simulación de su base de datos (entrenamiento y prueba), permite encontrar, detectar y estimar una serie de modelamientos propios de una base de datos.

El desarrollo o composición de esta técnica puede encontrarse en función al tipo de capas en que desee trabajar, así como el nivel de exigencia en encontrar los prototipos de simulación. Los diferentes tipos de plataformas en que se

desarrollan pueden tener una composición algorítmica, la cual reduce niveles de errores en la predicción, en estos casos llamados niveles de aprendizaje de la red.

Es importante mencionar, que el caso de la investigación científica, esta componente tecnológica, permite encontrar y reducir una serie de problemas que se encuentran asociados a la estimación multivariante del IMDA, insumo importante para las proyecciones futuras que se utiliza en el mantenimiento de las vías, pero el cambio de la proyección original (MTC, 2019) usando los series de tiempo de Box-Jenkins (mide la estacionalidad y estacionariedad), su dimensión es unidimensional, la cual dificulta cuando se busca mejorar o explicar el comportamiento por otro motivo.

HDM-4. El software HDM-4, es un programa que se encuentra aprobado por la asociación mundial de la carretera, llamado PIARC, donde cumple con una serie de elementos, tales como: el análisis, planificación, gestión y evaluación de mantenimiento de vías (este último relacionado al deterioro), principalmente utiliza un modelamiento que se encuentra enmarcado a la capacidad de entendimiento y comportamiento de factores externos como clima, materiales, entre otros (Ver Gráfico N° 15).

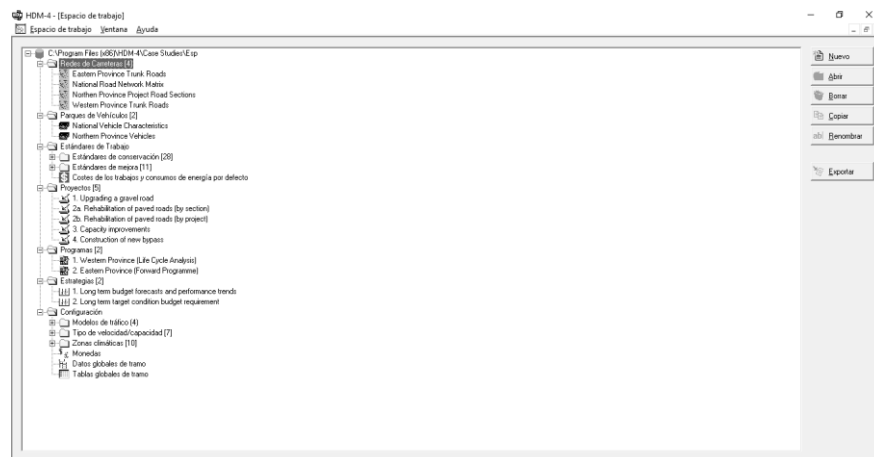


Gráfico N° 15. Estructura del HDM-4

Si bien, la capacidad que pueden tener estas instituciones, respecto al manejo de los recursos económicos para el sostenimiento de la infraestructura vial, el soporte tecnológico, permite tomar mejores decisiones y emprender la continuidad de análisis más predictivos con otras variables asociadas a su desgaste.

Metodología del PCI (Condición del pavimento)

En su condición, de metodología completa existe una serie de pavimentos en que la flexibilidad y rígido, son modelos de gestión vial disponibles, donde se implementan con sistemas con condiciones de cada zona en evaluación.

PCI. Es un índice que va desde cero hasta 100, representados de la siguiente forma (Ver Gráfico 3):

Rango PCI %	Color	Estado
0-10	Grigio	Falla
11-25	Marrón	Muy Malo
26-40	Rojo	Malo
41-55	Rosa	Regular
56-70	Amarillo	Bueno
71-85	Verde claro	Muy Bueno
86-100	Verde oscuro	Excelente

Gráfico N° 16. Descripción cualitativa en la condición del pavimento

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) establecen que la clasificación del estudio, se desarrolla en función al diseño de investigación, por este motivo, debido a la naturaleza de la investigación, se trabaja con información cuantitativa (usar información numérica). El tipo de investigación será no experimental (no se modifica las variables), debido a que no se manipula las variables, por este motivo, solo van a recoger la información tal como está en el campo. Debido a que se va considerar varios meses y años para recolectar la información de campo, por este motivo, se utiliza el tipo longitudinal (se va trabajar durante un periodo de tiempo), nivel panel (porque se va verificar el desgaste de la vía por tramos), debido a que los tramos serán considerados como zonas monitoreos (Ver Figura 17).

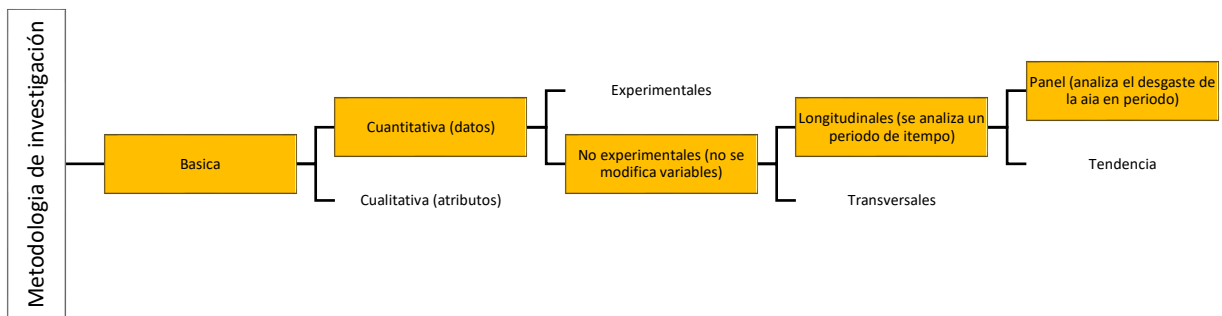


Figura 17. Metodología de investigación

Fuente. Propia.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables de investigación son (Ver Figura 18):

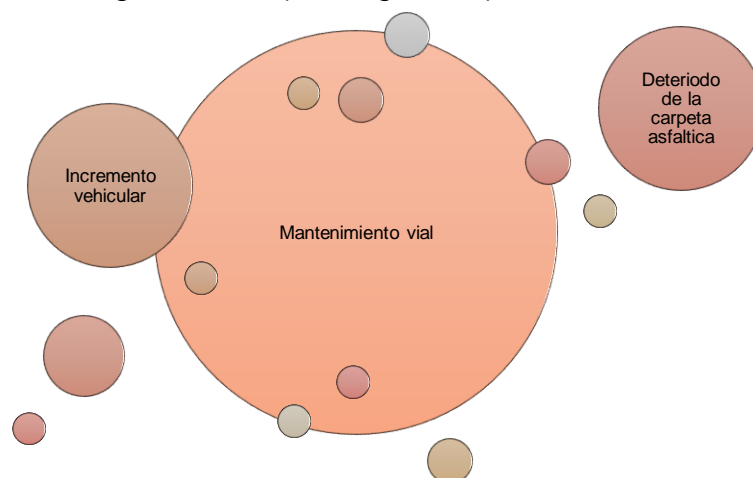


Figura 18. Variables de investigación

3.3. Población, muestra y muestreo

La población estará articulada por la vía que contiene los distritos en el área de influencia, como es el caso de Ate vitarte, La Molina, Santiago de Surco, La Victoria, San Isidro, San Borja y Magdalena del Mar. Esta vía tiene 19.38 kilómetros. Usando el programa Google Maps, se puede localizar la vía de análisis (Ver Figura 19):

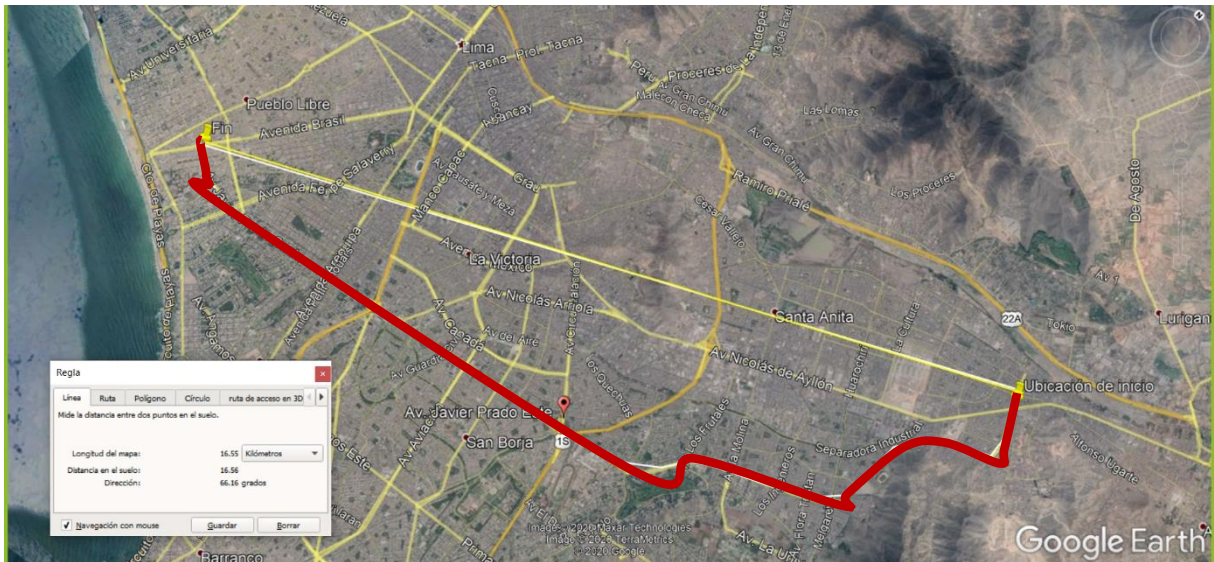


Figura 19. Registro de la vía de análisis usando Google Maps

Debido a las dimensiones de la vía, se considera utilizar 30 unidades de muestreo (usando la teoría de probabilidades, Ley de los grandes números y Teorema de Limite central: a mayor el experimento se aproxima más a la distribución normal), ya que permite desarrollar una ponderación y diagnóstico de la vía. El muestreo a utilizar es el sistemático con una variable fija, ya que permite determinar una secuencia probabilística y encontrar alguna particularidad durante toda la vía.

En ese sentido, se considera $\frac{19.38}{30} = 0.646$ kilómetros (Por ello, por cada 0.64 se realiza una verificación de la vía para establecer los diagnósticos de mantenimiento periódico).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El instrumento es una encuesta estructurada que será llenada como una base de datos estructurada referenciada por diferentes indicadores de campo y de las entidades competentes. Para analizar la validez y confiabilidad del instrumento, se consideró el coeficiente de Alfa de Cronbach para determinar la heteroscedasticidad de las variables.

Tabla 2. Coeficiente de Alfa de Cronbach

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
()	()

Fuente. Propia.

3.5. Procedimientos

El método de análisis será en dos fases (Plan de obtención de información):

- 1) Se diseñó en un mapa, los tramos diferenciados en 30 zonas diferenciadas según la distancia.
- 2) Se tomaron fotos en cada tramo identificándolas en su nivel de deterioro, cantidad de vehículos, tipos, factores externos, condición del pavimento, entre otros.

3.6. Métodos de análisis de datos

La técnica que utiliza es el procesamiento de datos con redes neuronales de tipo multi perceptrón con doble capa. Esta técnica estadística permite encontrar los factores clave para predecir los IMDA en la zona a evaluar.

La técnica el IMD que se encuentra en el reporte de la oficina de Planificación del tránsito del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). De la misma forma, la Municipalidad de cada distrito posee los reportes (base de datos) de los diferentes tipos de deterioro y los niveles de mantenimientos que se realizan a la vía de la Av. Javier Prado.

3.7. Aspectos éticos

La investigación pasará por un sistema de autenticación de similitud llamado turnitin, la cual garantiza que tendrá un máximo del 15%. De la misma manera, se va a obtener los permisos legales para realizar la investigación a través de la institución correspondiente como es el caso del ministerio de transporte y comunicaciones.

IV. RESULTADOS

Incremento vehicular

Para entender mejor la composición de los vehículos, se considera las ponderaciones que el Ministerio de transporte y comunicaciones:

Tabla 3. Factor de ponderación en función al tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Factor
Moto lineal	0.2
Moto taxi	0.3
Auto	1
Pick Up	1
Combi	1.25
Micro	1.5
Bus	2
Camiones 2 ejes	3
Camiones > 2 ejes	5

Fuente. Tomado del (MTC, 2016)

Por este motivo, se considera hacer un horario para la toma de información de la siguiente manera (dos semanas):

Tabla 4. Selección de horarios y repetición de veces

Repetición de veces	Lunes	Miércoles	Viernes	Sábado
1- Mañana	8-12 am	8-12 am	8-12 am	8-12 am
2- Tarde	2-5 pm	2-5 pm	2-5 pm	2-5 pm
3- Noche	6-9 pm	6-9 pm	6-9 pm	6-9 pm

Fuente. Propia.

A través de este cronograma, se cumple con el protocolo de recolección de datos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, respecto a la cantidad de horarios en el muestreo selectivo (Ver Gráfico 4).

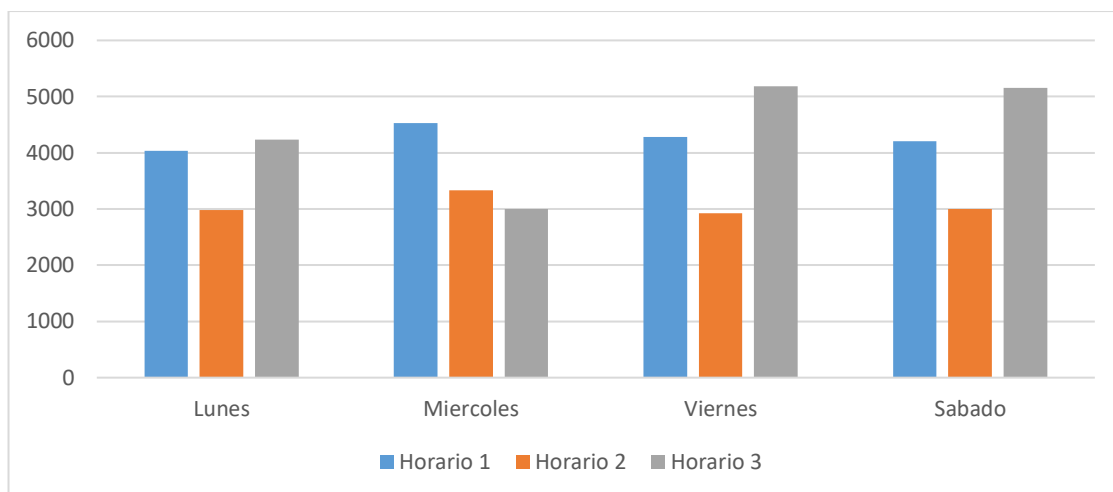


Gráfico N° 20. Flujo vehicular en la Av. Javier Prado

Se denota la composición vehicular, determinada y contabilizados de la siguiente manera:

Tabla 5. Flujo clasificado según el tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Cantidad	Porcentaje
Moto lineal	4685.3	10.0%
Auto	18741	40.0%
Pick up	9370.6	20.0%
Micro	4685.3	10.0%
Bus	9370.6	20.0%
Total, físico	46853	100.0%

Fuente. Propia.

Por este motivo, se considera la siguiente:

Tabla 6. Ponderación por tipo de vehicular

tipo de vehículo	Factor	Horario 1	Ponderación 1	Horario 2	Ponderación 2	Horario 3	Ponderación 3	SUMA
Moto lineal	0.2	1284.5	256.9	1051.9	210.38	1333.3	267	734
Auto	1	5138	5138	4207.6	4207.6	5333.2	5333	14679
Pick up	1	2569	2569	2103.8	2103.8	2666.6	2667	7339
Micro	1.25	1284.5	1605.63	1051.9	1314.875	1333.3	1667	4587
Bus	1.5	2140.4	3210.6	2103.8	3155.7	2666.6	4000	10366
total	4.95	12416.4	61461.2	10519	52069.05	13333	65998	37705

Fuente. Propia.

Tabla 7. Cálculo del IMDA

tipo de vehículo	Factor	Total, vehículos		Total, semana	IMDs	FC	IMDA	
Moto lineal	0.2	256.9	210.38	1333.3	3670	524	0.9965	522
Auto	1	5138	4207.6	5333.2	52061	7437	0.9965	7411
Pick up	1	2569	2103.8	2666.6	26031	3719	0.9965	3706
Micro	1.25	1605.6	1314.9	1333.3	15936	2277	0.9965	2269
Bus	1.5	3210.6	3155.7	2666.6	34498	4928	0.9965	4911
total	4.95	12780	10992	13333	132195	18885	0.9965	18819

Fuente. Propia.

A continuación, se muestra la recolección de información en los 30 tramos:

Descripción general:

Las vías urbanas de tipo arterias: **Javier Prado.**

Longitud : 19,38 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.5 metros

Berma : 0.65 metros

A continuación, se muestra la descripción por tramos:

Tramo 1 : Av. Javier Prado & Flora Tristan

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 21)



Gráfico N° 21. Tramo 1

Tramo 2 : Av. Javier Prado & Av. Los Ingenieros
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros
(Ver Gráfico N° 22)



Gráfico N° 22. Tramo 2

Tramo 3 : Av. Javier Prado & Av. La Molina
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros
(Ver Gráfico N° 23)



Gráfico N° 23. Tramo 3

Tramo 4 : Av. Javier Prado & Av. Los Frutales

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 24)



Gráfico N° 24. Tramos 4

Tramo 5 : Av. Javier Prado & Av. Las Palmeras

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 25)



Gráfico N° 25. Tramo 5

Tramo 6 : Av. Javier Prado & Jockey Plaza

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 26)



Gráfico N° 26. Tramo 6

Tramo 7 : Av. Javier Prado & Av. Circunvalación

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 27)



Gráfico N° 27. Tramo 7

Tramo 8 : Av. Javier Prado & Av. Parque Jacaranda
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 28)



Gráfico N° 28. Tramo 8

Tramo 9 : Av. Javier Prado & Av. De la Rosa Toro
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 29)



Gráfico N° 29. Tramo 9

Tramo 10 : Av. Javier Prado & Av. San Luis

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 30)



Gráfico N° 30. Tramo 10

Tramo 11 : Av. Javier Prado & Av. Arqueología

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 31)



Gráfico N° 31. Tramo 11

Tramo 12 : Av. Javier Prado & Av. Aviación
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 32)



Gráfico N° 32. Tramo 12

Tramo 13 : Av. Javier Prado & Av. Luis Aldana
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 33)



Gráfico N° 33. Tramo 13

Tramo 14 : Av. Javier Prado & Av. José Barrenechea
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 34)



Gráfico N° 34. Tramo 14

Tramo 15 : Av. Javier Prado & Clínica Ricardo Palma
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 35)



Gráfico N° 35. Tramo 15

Tramo 16 : Av. Javier Prado & Paseo de la Republica
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 36)



Gráfico N° 36. Tramo 16

Tramo 17 : Av. Javier Prado & Clínica Javier Prado
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 37)



Gráfico N° 2. Tramo 17

Tramo 18 : Av. Javier Prado & Las Palmeras

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 38)



Gráfico N° 38. Tramo 18

Tramo 19 : Av. Javier Prado & Parque Miguel Dammert

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 39)



Gráfico N° 39. Tramo 19

Tramo 20 : Av. Javier Prado & Parque Alfonso Ugarte
Longitud : 0.68 Kilómetros
Ancho de la calzada : 6.0 metros
Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 40)



Gráfico N° 40. Tramo 20

Tramo 21 : Av. Javier Prado & Guatemala
Longitud : 0.6 Kilómetros
Ancho de la calzada : 6.5 metros
Berma : 0.5 metros

(Ver Gráfico N° 41)



Gráfico N° 41. Tramo 21

Tramo 22 : Av. Javier Prado & Los Manzanos
Longitud : 0.60 Kilómetros
Ancho de la calzada : 6.5 metros
Berma : 0.5 metros

(Ver Gráfico N° 42)



Gráfico N° 42. Tramo 22

Tramo 23 : Av. Javier Prado & Ministerio del Ambiente
Longitud : 0.6 Kilómetros
Ancho de la calzada : 7.0 metros
Berma : 0.5 metros

(Ver Gráfico N° 43)



Gráfico N° 43. Tramo 23

Tramo 24 : Av. Javier Prado & Av. Salaverry

Longitud : 0.6 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.5 metros

(Ver Gráfico N° 44)

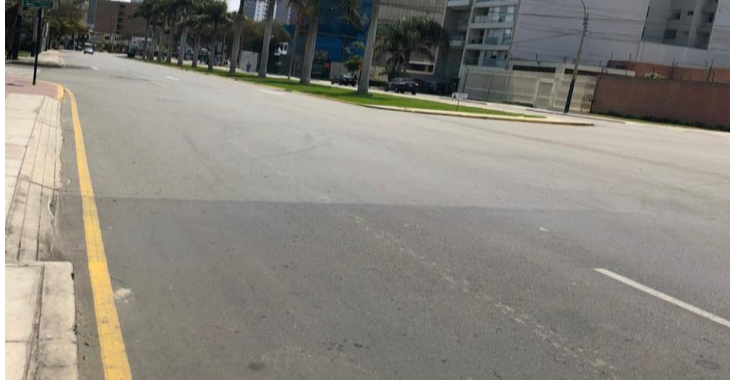


Gráfico N° 44. Tramo 24

Tramo 25 : Av. Javier Prado & Av. Juan de Aliaga

Longitud : 0.7 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.6 metros

(Ver Gráfico N° 45)



Gráfico N° 45. Tramo 25

Tramo 26 : Av. Javier Prado & Av. Aramburu
Longitud : 0.6 Kilómetros
Ancho de la calzada : 6.5 metros
Berma : 0.5 metros

(Ver Gráfico N° 46)



Gráfico N° 46. Tramo 26

Tramo 27 : Av. Javier Prado & Iglesia María Vianney
Longitud : 0.55 Kilómetros
Ancho de la calzada : 6.5 metros
Berma : 0.5 metros

(Ver Gráfico N° 47)

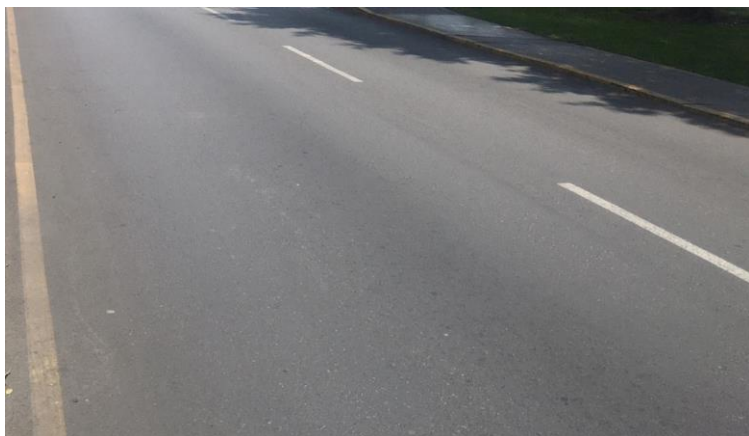


Gráfico N° 47. Tramo 27

Tramo 28 : Av. Javier Prado & Rodolfo Rutte

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 48)



Gráfico N° 48. Tramo 28

Tramo 29 : Av. Javier Prado & Manual Gonzales Prada

Longitud : 0.68 Kilómetros

Ancho de la calzada : 7.0 metros

Berma : 0.55 metros

(Ver Gráfico N° 49)

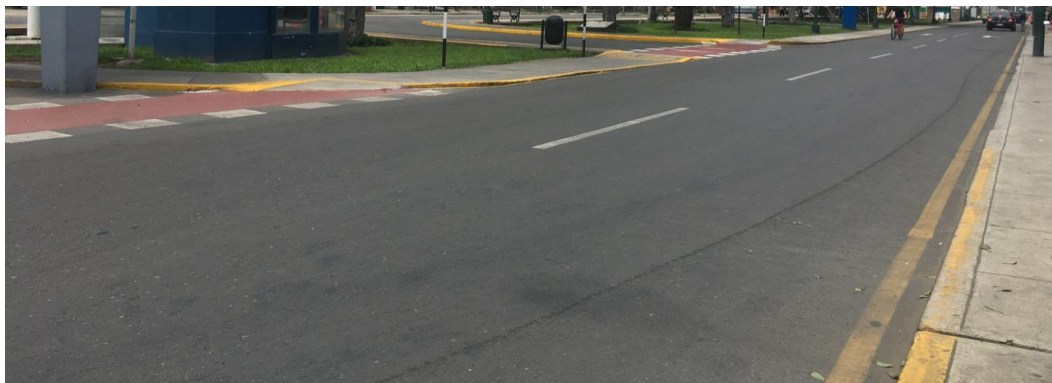


Gráfico N° 49. Tramo 29

Tramo 30	: Av. Javier Prado & Av. Brasil
Longitud	: 0.70 Kilómetros
Ancho de la calzada	: 7.0 metros
Berma	: 0.5 metros

(Ver Gráfico N° 50)




Gráfico N° 50. Tramo 30

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PAVEMENT CONDITION INDEX PCI

Se realizará mediante el cálculo del PCI a una unidad de muestra seleccionada aleatoriamente, con el fin de observar el procedimiento paso a paso de; cómo realizar una evaluación superficial, cómo obtener el índice de condición PCI y conocer la condición actual de la unidad de muestra.

Se tomará como ejemplo la unidad de muestra de la Av. Javier Prado, posteriormente se empezó con el registro de los datos en la hoja formato de la metodología Pavement Condition Index (PCI). En la siguiente imagen se observa la evaluación superficial bajo el formato de registro y aplicación de la metodología PCI, obteniendo los parámetros de evaluación, su índice de condición y la condición del estado del pavimento de la vía.

Tabla 13: Ejemplo de aplicación de la metodología PCI en la Av. Javier Prado

		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS								
		METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)								
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIEMTO FLEXIBLE								
PRO YECTO :										
NO MBRE DE LA VÍA:	Av. Javier Prado									
UNIDAD DE MUESTRA :	TRAMO 2									
ÁREA DE LA UNIDAD (m2) :	455.00							FECHA :		
Nº	Tipo de Falla	Cod.	Unidad		Nº	Tipo de Falla	Cod.	Unidad		
1	Piel de Cocodrilo	PC	m2		13	Huecos	HUE	und		
2	Exudación	EX	m2		14	Cruce de vía férrea	CVF	m2		
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m2		15	Ahuellamiento	AHU	m2		
4	Abultamientos y Hundimientos	ABH	m2		16	Desplazamiento	DES	m2		
5	Corrugación	COR	m2		17	Grieta Parabólica	GP	m2		
6	Depresión	DEP	m2		18	Hinchamiento	HN	m2		
7	Grieta de Borde	GB	m		19	Desprendimiento de	DAG	m2		
8	Grieta de reflexión de junta	GR	m		Severidades Low Baja L Medium Media M High Alta H					
9	Desnivel Carril/Berma	DN	m							
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m							
11	Parqueo	PA	m2							
12	Pulimiento de Agregados	PU	m2							
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO (VD)
1	M	6.18	1.13				7.31	1.61	27.15	
10	L	7.50	4.25				11.75	2.58	1.10	
13	L	2.50					2.50	0.55	0.57	
15	L	0.50					0.50	0.11	0.90	
								Total VD =	29.72	
Número de valores deducidos > 2 (q):				7				Valor Deducido Corregido (VDC)		
Nº	VALORES DEDUCIDOS	VDT	q	VDC						
1	27.15 1.10 0.90 0.57	29.72	7.00	62.00						
2	27.15 1.10 0.90 0.57	29.72	6.00	16.00						
3	27.15 1.10 0.90 0.57	30.62	5.00	11.00						
4	27.15 1.10 0.90 0.57	29.72	4.00	12.00						
5	27.15 1.10 0.90 2.00	31.15	3.00	17.00						
6	27.15 1.10 2.00 2.00	32.25	2.00	25.00						
7	27.15 2.00 2.00 2.00	33.15	1.00	36.00						
8										
9										
10										
								Máx VDC =	62.00	
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI):								PCI = 100 - (Máx VDC o Total VD)		
CONDICION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO:								PCI = 38.00 MALO		

Fuente: Propia

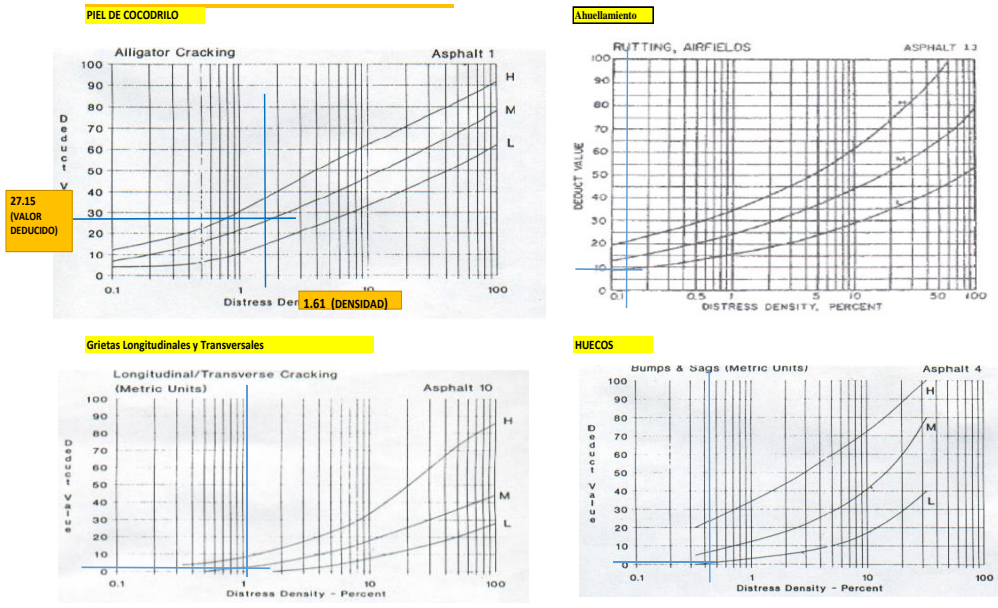


Gráfico N° 51. Curvas de valor deducido

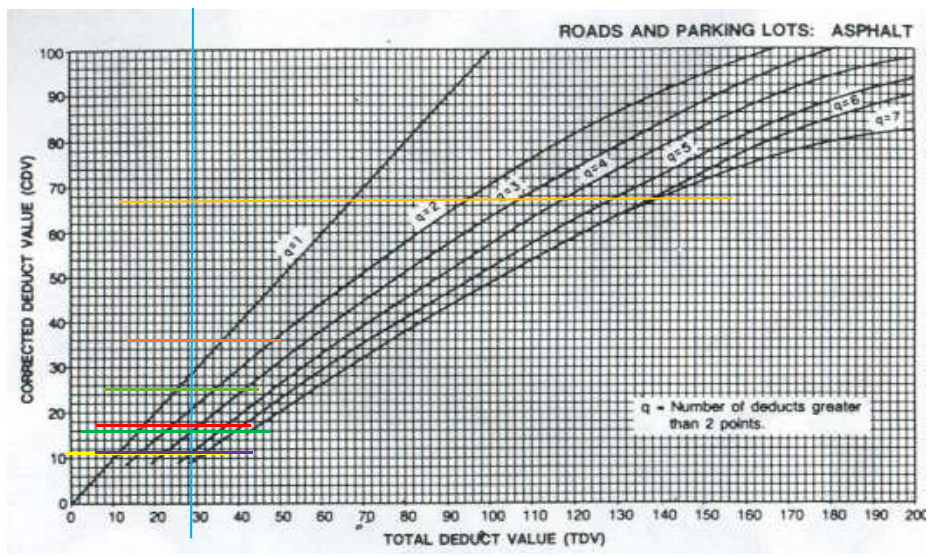


Gráfico N° 52. Curva de corrección

ÍNDICE DE CONDICIÓN

Una vez obtenidos los parámetros de evaluación en las 30 unidades de muestra de la Av. Javier Prado, se realizó la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI), para encontrar su índice de condición y así conocer el estado en el que se encuentran. Se elaboró tablas resumen para presentar los resultados.

Tabla 14: Índice de condición (PCI)

AV. JAVIER PRADO			
TRAMOS	VDT o Max VDC	PCI	CONDICION
Tramo 1	58.48	41.52	MALO
Tramo 2	62	38	MALO
Tramo 3	59.82	40.18	MALO
Tramo 4	56.79	43.21	MALO
Tramo 5	49	51	REGULAR
Tramo 6	46.4	53.6	REGULAR
Tramo 7	47.2	52.8	REGULAR
Tramo 8	35.61	64.39	BUENO
Tramo 9	41	59	BUENO
Tramo 10	46.14	53.86	BUENO
Tramo 11	29.2	70.8	BUENO
Tramo 12	27.5	72.5	BUENO
Tramo 13	30.2	69.8	BUENO
Tramo 14	32.5	67.5	BUENO
Tramo 15	37.5	62.5	BUENO
Tramo 16	31.3	68.7	BUENO
Tramo 17	35.4	64.6	BUENO
Tramo 18	34.43	65.57	BUENO
Tramo 19	41.23	58.77	BUENO
Tramo 20	36.45	63.55	BUENO
Tramo 21	43.32	56.68	BUENO
Tramo 22	16.74	83.26	MUY BUENO
Tramo 23	14.56	85.44	MUY BUENO
Tramo 24	23.52	76.48	MUY BUENO
Tramo 25	15.99	84.01	MUY BUENO
Tramo 26	18.57	81.43	MUY BUENO
Tramo 27	21.52	78.48	MUY BUENO
Tramo 28	21.43	78.57	MUY BUENO
Tramo 29	25.21	74.79	MUY BUENO
Tramo 30	20.4	79.6	MUY BUENO

Fuente: Propia

Se presenta el perfil del PCI obtenidos por cada tramo de la Av. Javier Prado

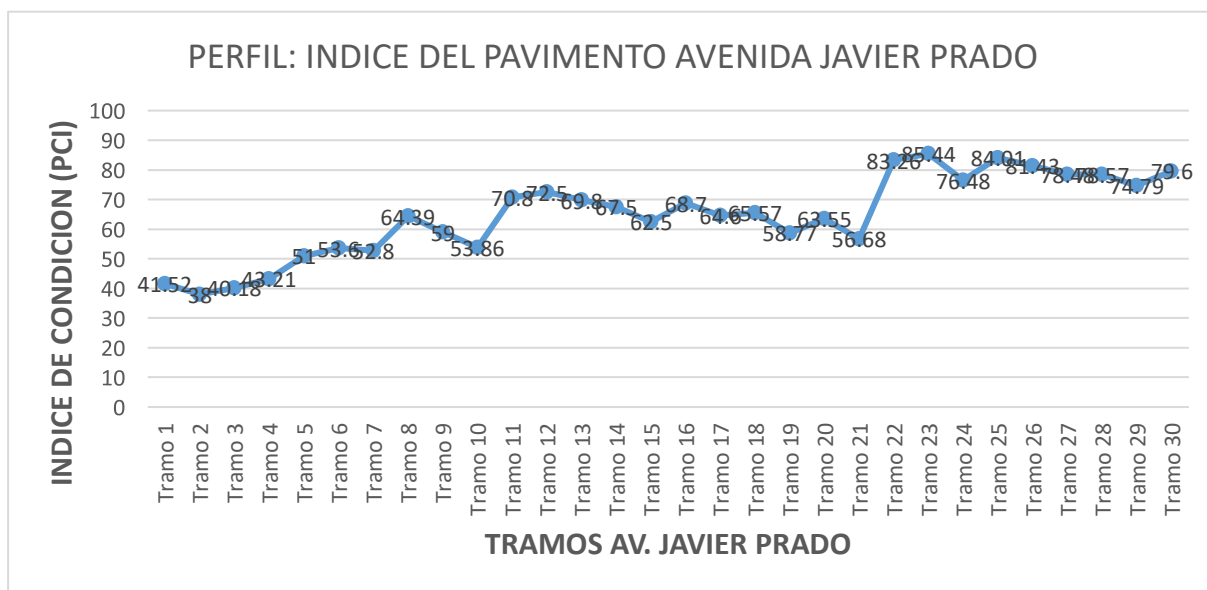


Gráfico N° 53. Indice del pavimento

Tabla 8. Relación de tramos y el tipo de deterioro detectado

TRAMOS	Tipo de fallas encontradas	(%)
Tramo 1	Piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, ahuellamiento, huecos	10%
Tramo 2	Piel de cocodrilo, grietas longitudinales y transversales, huecos, grieta de borde	9%
Tramo 3	Piel de cocodrilo, ahuellamiento, huecos, grietas longitudinales y transversales	8%
Tramo 4	Piel de cocodrilo, hinchamiento, huecos, grieta de borde, grietas longitudinales	7%
Tramo 5	Grietas longitudinales y transversales, huecos, exudación, desprendimiento de agregados	4%
Tramo 6	Grietas longitudinales y transversales, hinchamiento, huecos, exudación	5%
Tramo 7	Grietas longitudinales y transversales, exudación	6%
Tramo 8	Huecos, grietas transversales	4%
Tramo 9	Grietas longitudinales, exudación	3%
Tramo 10	Grietas longitudinales	4%
Tramo 11	Grietas transversales, parcheo	2%

Tramo 12	Grietas longitudinales	2%
Tramo 13	Grietas transversales, exudación	3%
Tramo 14	Grietas transversales	3%
Tramo 15	Grietas transversales	3%
Tramo 16	Grietas transversales	2%
Tramo 17	Grietas transversales	3%
Tramo 18	Grietas transversales	3%
Tramo 19	Grietas transversales,	2%
Tramo 20	Grietas transversales, parcheo	2%
Tramo 21	Grietas longitudinales, parcheo	3%
Tramo 22	Grietas transversales, parcheo	2%
Tramo 23	Exudacion, parcheo	2%
Tramo 24	Exudacion, parcheo	2%
Tramo 25	Exudacion, parcheo	1%
Tramo 26	Exudacion, parcheo	1%
Tramo 27	Exudacion, parcheo	1%
Tramo 28	Exudacion, parcheo	1%
Tramo 29	Exudacion, parcheo	1%
Tramo 30	Exudacion, parcheo	1%

Fuente. Propia.

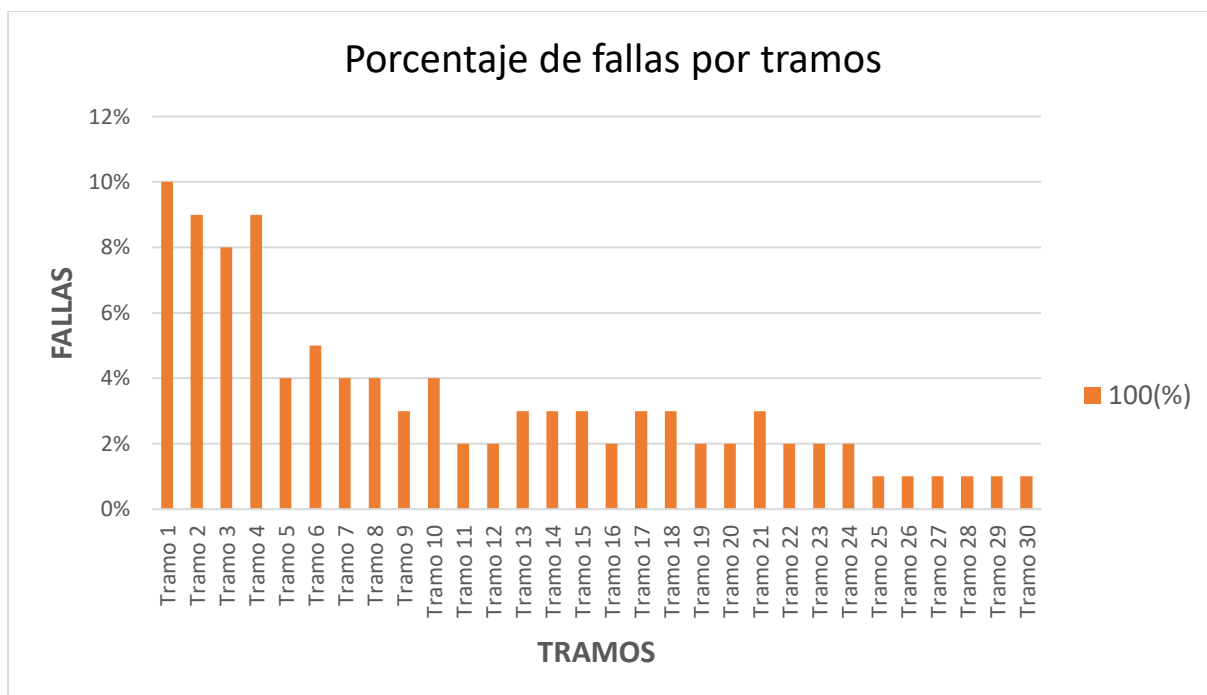


Gráfico N° 54. Fallas por tramos

Con respecto al % de fallas, se tiene a continuación:

Tabla 9. Resultado de porcentaje de fallas por tramos

AV. JAVIER PRADO				
TRAMOS	VDT o Max VDC	PCI	Deterioro (%)	CONDICION
Tramo 1	58.48	41.52	86%	MALO
Tramo 2	62	38	86%	MALO
Tramo 3	59.82	40.18	79%	MALO
Tramo 4	56.79	43.21	77%	MALO
Tramo 5	49	51	67%	REGULAR
Tramo 6	46.4	53.6	64%	REGULAR
Tramo 7	47.2	52.8	62%	REGULAR
Tramo 8	35.61	64.39	59%	BUENO
Tramo 9	41	59	55%	BUENO
Tramo 10	46.14	53.86	55%	BUENO
Tramo 11	29.2	70.8	55%	BUENO
Tramo 12	27.5	72.5	54%	BUENO
Tramo 13	30.2	69.8	54%	BUENO
Tramo 14	32.5	67.5	52%	BUENO
Tramo 15	37.5	62.5	52%	BUENO
Tramo 16	31.3	68.7	49%	BUENO
Tramo 17	35.4	64.6	47%	BUENO
Tramo 18	34.43	65.57	44%	BUENO
Tramo 19	41.23	58.77	38%	BUENO
Tramo 20	36.45	63.55	33%	BUENO

Tramo 21	43.32	56.68	26%	BUENO
Tramo 22	16.74	83.26	24%	MUY BUENO
Tramo 23	14.56	85.44	20%	MUY BUENO
Tramo 24	23.52	76.48	20%	MUY BUENO
Tramo 25	15.99	84.01	18%	MUY BUENO
Tramo 26	18.57	81.43	15%	MUY BUENO
Tramo 27	21.52	78.48	15%	MUY BUENO
Tramo 28	21.43	78.57	12%	MUY BUENO
Tramo 29	25.21	74.79	12%	MUY BUENO
Tramo 30	20.4	79.6	10%	MUY BUENO

Fuente. Propia.

Se presenta el perfil del %de deterioros obtenidos por cada tramo de la Av. Javier Prado:



Gráfico N° 55. Deterioro por tramos

Composicion de tipos de fallas en la Av. Javier Prado

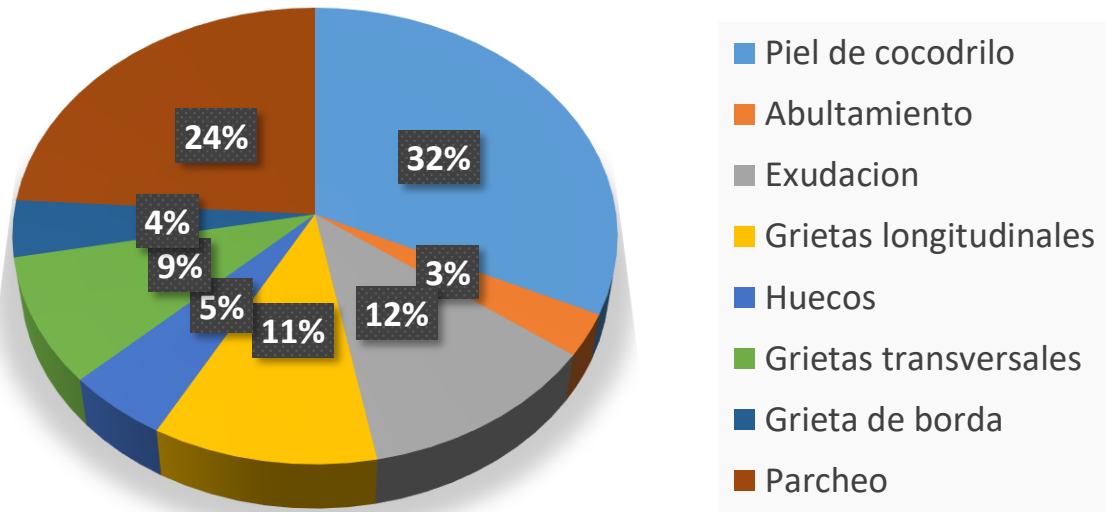


Gráfico N° 56. Composición de tipos de fallas

Hipótesis sobre la relación de las variables

Se presenta la información a procesar:

Tabla 10. Base de datos

tramos	Mantenimiento			Tráfico		Condiciones del pavimento		
	tiempo	costo	tipo	tipo de vehículo	IMDA (día)	tipo de fallas de tramos	nivel de severidad	PCI
1	64	10	2	1	143	3	1	41.52
2	87	20	3	4	139	5	1	38
3	26	18	3	1	115	2	1	40.18
4	80	4	3	3	114	2	1	43.21
5	24	20	2	1	123	2	2	51
6	68	12	3	5	144	2	2	53.6
7	96	14	2	1	122	3	2	52.8
8	73	17	2	5	129	2	3	64.39
9	39	10	1	1	120	2	2	59
10	43	19	1	2	148	3	2	53.86
11	89	11	1	4	137	3	3	70.8
12	35	15	2	6	139	2	3	72.5
13	38	7	3	1	131	2	3	69.8
14	90	1	2	3	136	3	3	67.5
15	41	8	2	5	131	2	2	62.5
16	92	12	2	4	137	3	3	68.7
17	11	6	1	5	122	2	2	64.6
18	58	14	3	1	118	2	2	65.57
19	97	4	2	4	142	3	2	58.77
20	99	6	3	5	126	2	2	63.55
21	58	11	1	6	134	2	2	56.68
22	98	9	1	6	132	2	3	83.26
23	95	10	3	4	123	1	3	85.44
24	49	13	2	5	141	1	3	76.48
25	19	9	3	4	128	1	3	84.01
26	54	9	1	3	115	2	3	81.43
27	64	12	1	4	122	1	3	78.48
28	93	10	2	6	140	2	3	78.57
29	62	15	1	6	121	1	3	74.79
30	12	3	1	1	135	1	3	79.6

Hipótesis

El flujo vehicular incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial de la Av. Javier Prado.

A continuación, se muestra la variable con sus dimensiones e indicadores:

Tabla 11. Variables

Variable	Dimensiones	Indicadores
Deterioro de la carpeta asfáltica	MANTENIMIENTO PERIODICO	Tiempo de intervención (días)
		Tipo de mantenimiento (tramos)
Flujo vehicular	TRÁFICO	Tipos de vehículos (clasificación MTC)
		Cantidad de vehículos (anual)
	CONDICIONES DE PAVIMENTO	Tipos de fallas (tramos)
		Nivel de severidad (tramos)
		Cálculo del PCI (tramos)

1. Evaluar la normalidad de la muestra

Tabla 12. Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad							Decisión
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Nivel de confianza	
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.		
tiempo	,147	30	,098	,928	30	,043	0.05	RE
costo	,085	30	,200*	,977	30	,747	0.05	AC
tipo	,217	30	,001	,803	30	,000	0.05	RE
tipo vehículo	,193	30	,006	,864	30	,001	0.05	RE
imda	,138	30	,148	,957	30	,256	0.05	AC
tipo fallas	,295	30	,000	,811	30	,000	0.05	RE
nivel severidad	,311	30	,000	,760	30	,000	0.05	RE
PCI	,267	30	,000	,830	30	,000	0.05	RE

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Propio. RE (Rechazo) AC (Aceptación)

Reglas de decisión:

Hipótesis planteada. La variable se distribuye normalmente (Sig > Alpha)

Hipótesis alternante. La variable no se distribuye normalmente (Sig < Alpha)

Concluye. Existe información estadística al 95% de confianza para afirmar que la distribución normal de datos se da para la variable costo e IMDA, sin embargo, las otras variables no se distribuyen normalmente.

Debido a la naturaleza de los datos, los resultados de los tramos han significado que se distribuyen no normalmente, por ello, se trabaja con pruebas no paramétricas, test de Wilcoxon.

Hipótesis general

Hp. El flujo vehicular no incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial de la Av. Javier Prado.

Ha. El flujo vehicular incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial de la Av. Javier Prado.

Alpha=0.05

Test of median = 0.000000 versus median \neq 0.000000

	N	N for Test	Wilcoxon Statistic	P	Estimated Median
tramos	30	30	465.0	0.000	15.50
tiempo	30	30	465.0	0.000	62.50
costo	30	30	465.0	0.000	11.00
tipo	30	30	465.0	0.000	2.000
tipo_vehiculo	30	30	465.0	0.000	3.500
imda	30	30	465.0	0.000	130.0
tipo_fallas	30	30	465.0	0.000	2.000
nivel_severidad	30	30	465.0	0.000	2.500
PCI	30	30	465.0	0.000	4094

Decisión.

Debido a que la prueba de **Wilcoxon (p<0.00)** es significativa, se considera se rechazar la Hp y aceptar la Hipótesis alternante.

Reglas de decisión:**Hipótesis planteada.** La variable no se relaciona (Sig > Alpha)**Hipótesis alternante.** La variable se relaciona (Sig < Alpha)

Conclusiones. Se concluye que existe relación entre el flujo vehicular y el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial de la Av. Javier Prado.

Se presenta variables independientes:

X1: Tráfico

X2: Condiciones de pavimento

Variable dependiente Y: Mantenimiento periódico

Hipótesis general:

Y1: Mantenimiento periódico

Para entender mejor se construye la fórmula:

$$Y (\text{Mantenimiento periodo}) = \theta * X_1 + \mu * X_2 + \epsilon$$

Técnica estadística que se va a usar: Para desarrollar la hipótesis, se usa el análisis de **regresión lineal múltiple**, teniendo en consideración, que el 95% de la variabilidad de los datos es representado por las dos variables de análisis.

Tabla 13. Coeficiente de determinación

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.99724458
Coeficiente de determinación R ²	0.99449674
R ² ajustado	0.95858591
Error típico	0.31411071
Observaciones	30

Análisis de varianza

Hp. Los coeficientes de regresión son similares a cero

Ha. Al menos uno de los coeficientes de regresión es diferente a cero

Alpha=0.05

Tabla 14. Análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	499.237365	249.618683	2529.9480	1.9333E-31
Residuos	28	2.76263499	0.09866554	8	
Total	30	502			

Decisión. Se rechaza H_0 .

Conclusiones. Existe suficiente información estadística al 95% para explicar que es diferente a cero.

Prueba de hipótesis para los coeficientes de regresión:

H_0 . El coeficiente de regresión del PCI es similar a cero

H_a . El coeficiente de regresión del PCI es diferente a cero

Alpha=0.05

Tabla 15. Coeficiente de regresión

	Coefficiente s	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	0	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D	#N/D
Condiciones de pavimento	0.0015417	0.0028133	0.5480108	8	0.58802716	0.00422106	-0.00422106	0.0073045
Trafico	0.0609952	0.0016092	37.902955	7	1.3134E-25	0.05769881	0.0642916	0.05769881

Decisión. Se rechaza H_0 .

Conclusiones. Existe suficiente información estadística al 95% para explicar que el coeficiente de regresión del PCI es diferente a cero.

Por ello, se concluye que la ecuación, se tiene de la siguiente forma:

$$Y = 0.0015 * X_1 + 0.0609 * X_2 + \epsilon . \text{ Regresión lineal múltiple}$$

Se concluye que el tráfico influye en el mantenimiento periódico según sea el tramo de análisis.

V. DISCUSIÓN

Si bien, la evidencia empírica señala que el tráfico afecta el deterioro de la carpeta asfáltica en 0.0609, esta relación del tráfico y medir correctamente su tendencia ha creado una serie de investigaciones conexas, tales como usar técnicas avanzadas en el pronosticador (redes neuronales) las cuales afecta directamente el cálculo del IMDA y herramientas como el HMD4 donde permiten demostrar una mejor gestión en el mantenimiento de las vías.

Para este caso Alvin (2017) reveló que el tráfico o el incremento de la densidad vehicular si influye inversamente en el estado de las vías, por ello, la evidencia y los estudios han permitido medir correctamente la relación entre ambos. En el caso de Tapia (2016) demostró que los programas de mantenimiento se deberían enfocar en la búsqueda de soluciones para mejorar la calidad del servicio y los métodos empleados en la conservación vial, por ello, esta última dimensión tiene relación con la variable desgaste de la carpeta asfáltica.

En el caso específico de Fustamente (2019) busca nuevos métodos del IMDA en intersecciones, la aplicación para reducir errores en los cálculos, ha encontrado una forma de ser más exactos con la gestión en el mantenimiento, ya que permite medir en el tiempo, la cantidad de vehículos y como esta se proyecta. En el caso de Rojas (2018) menciona que la percepción de los usuarios respecto al desarrollo de la vía en los trabajos de mantenimiento rutinario y periódico; tienen una correlación de 0,891 (significación bilateral de: $p = 0,000 < 0,05$), por ello, la gestión de mantenimiento vial influye en la satisfacción del usuario, situación en que una buena administración de estos recursos puede solucionar gran parte del deterioro de la carpeta asfáltica.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó a través del modelamiento del software HDM-4, que el incremento del flujo vehicular influye en el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial en la Av. Javier Prado, de manera directamente proporcional, identificando los tramos y el deterioro a través de los años. Observando que en los tramos 1 - 4 existe un crecimiento significativo del deterioro de la carpeta asfáltica de 6 m/km a 13 m/km consecuencia del incremento del flujo vehicular en los últimos 4 años a diferencia de los 26 tramos restantes que se mantiene con un deterioro que varía de 2 m/km a 6 m/km en las cuales ha habido una disminución notable en el deterioro de la carpeta asfáltica gracias a las intervenciones que se le ha dado.
- Se evaluó que el tráfico vehicular con respecto al año 2020 incrementó el deterioro de la carpeta asfáltica en un 85% en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado, a través del procesamiento del software HDM-4.
- Se analizó con el procesamiento del software HDM-4 que con una condición mala del pavimento incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en un 61%, con una condición regular en 26% y una condición buena en 13%.

VII. RECOMENDACIONES

- Si bien, el actual sistema de monitoreo en la gestión de mantenimiento de la Municipalidad de Lima, difiere en los actuales sistemas informáticos y metodológicos para su evaluación, se recomienda que utilicen herramientas sistematizadas para el correcto uso del mismo.
- Se recomienda que los sistemas de mantenimiento rutinario y periódicos aplicados en la vía de la avenida Javier Prado no ha tenido resultado, debido a que existen tramos diferenciados en el estado.
- Se recomienda que las entidades públicas y privadas utilicen sistemas de gestión en mantenimiento de vías para medir mejor los niveles de tráfico.
- Se recomienda que el sistema de pronóstico del tráfico (redes neuronales) puede mejorar los niveles de mantenimiento rutinario a la vía, brindando mejor desempeño en la aplicación de los recursos económicos.
- Se recomienda que el software HMD-4 puede ayudar a la gestión en el mantenimiento de la vía, a través de simulaciones programadas, contando con una serie de factores externos que pueden afectar el deterioro, sin embargo, el principal deterioro se encuentra en la cantidad de vehículos que puedan encontrarse en la vía.

VIII. PROPUESTAS

La propuesta se encuentra en la aplicación de dos técnicas efectivas:

1. Análisis en la proyección del tráfico

En un proceso de análisis de la proyección, se usó el *software* R, para el pronóstico de las fases

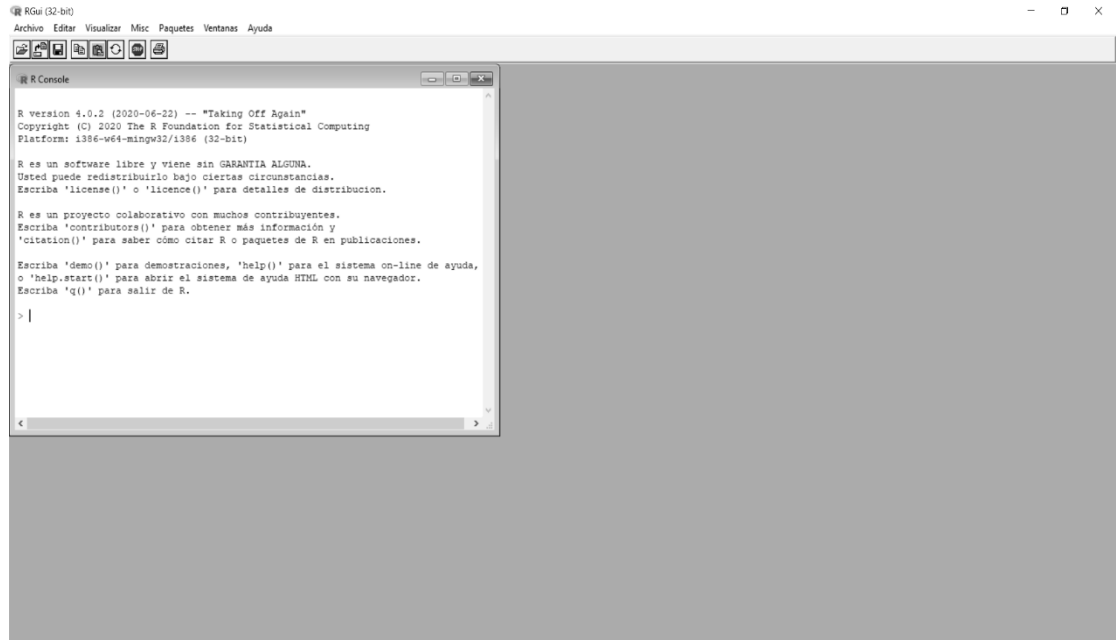


Gráfico. N° 57. Pantalla principal del programa R

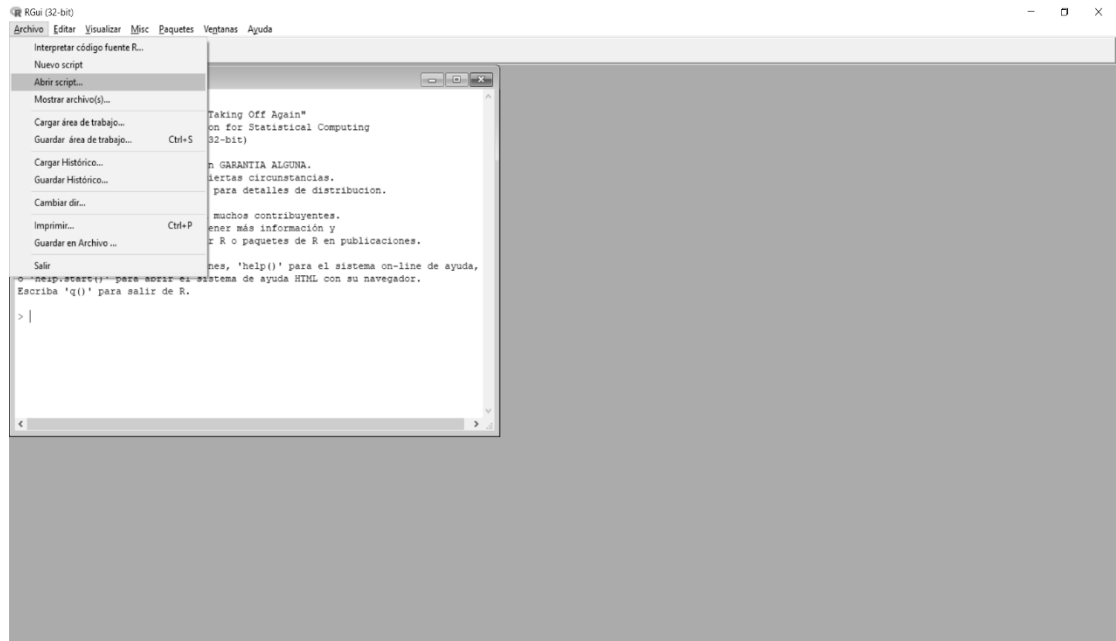


Gráfico. N° 58. Activación del algoritmo

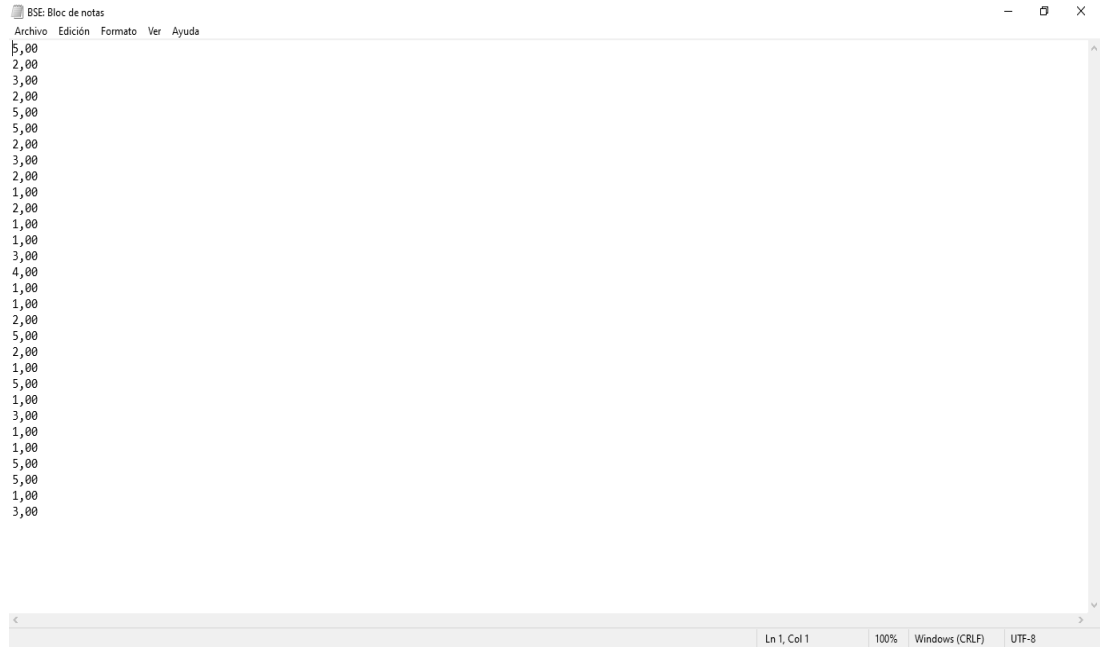


Gráfico. N° 59. Diseño del ingreso de datos del IMDA

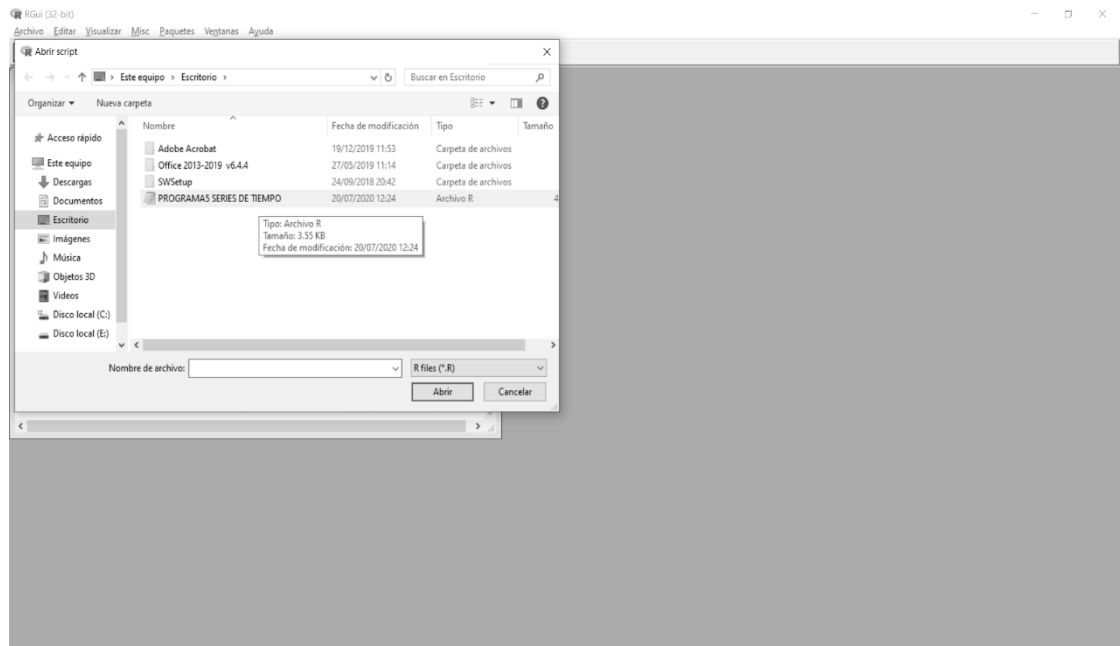


Gráfico. N° 60. Llamada del algoritmo

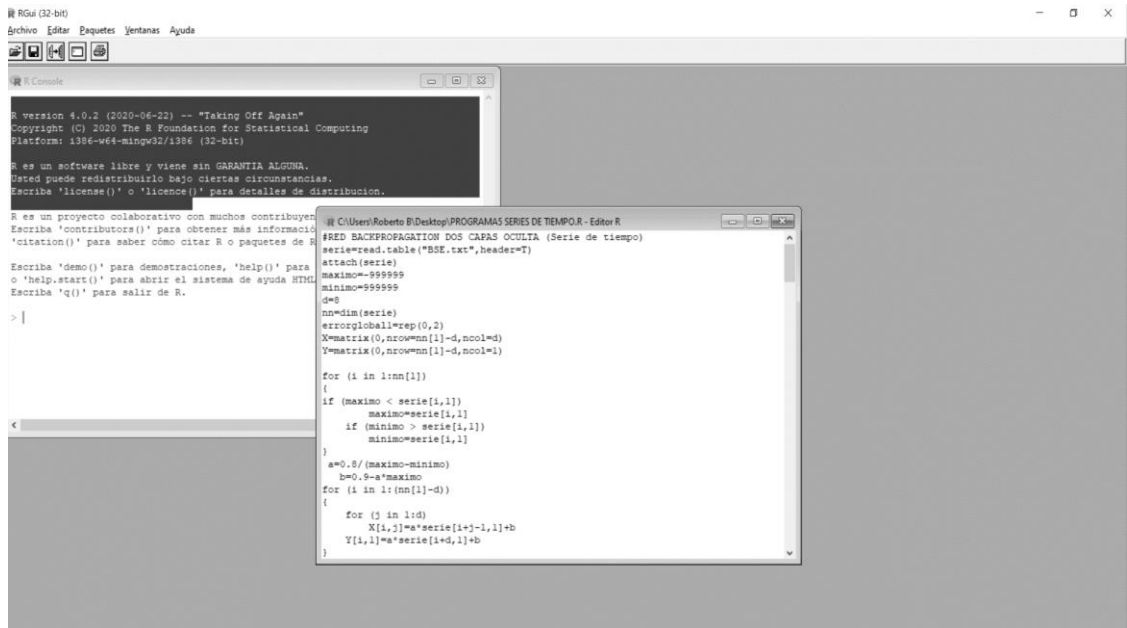


Gráfico. N° 61. Algoritmo en redes neuronales

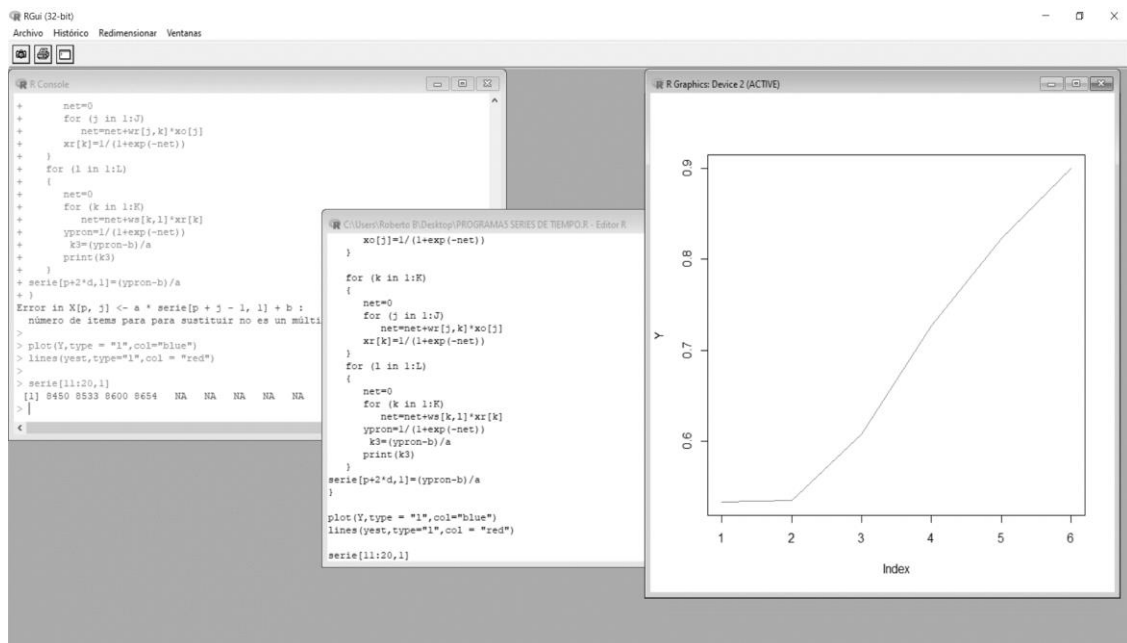


Gráfico. N° 62. Corrido de las redes neuronales

2. Deterioro de la carpeta asfáltica

Para entender mejor los resultados, se ha dividido en cada módulo del HDM-4 para buscar las etapas de cada ingreso y procesamiento del mismo:

Módulos de redes de carreteras.

En el inventario de la red, se encuentran HDM-4, se encuentra definida por parámetros denominados como tarjeteros ordenadas de la siguiente forma:

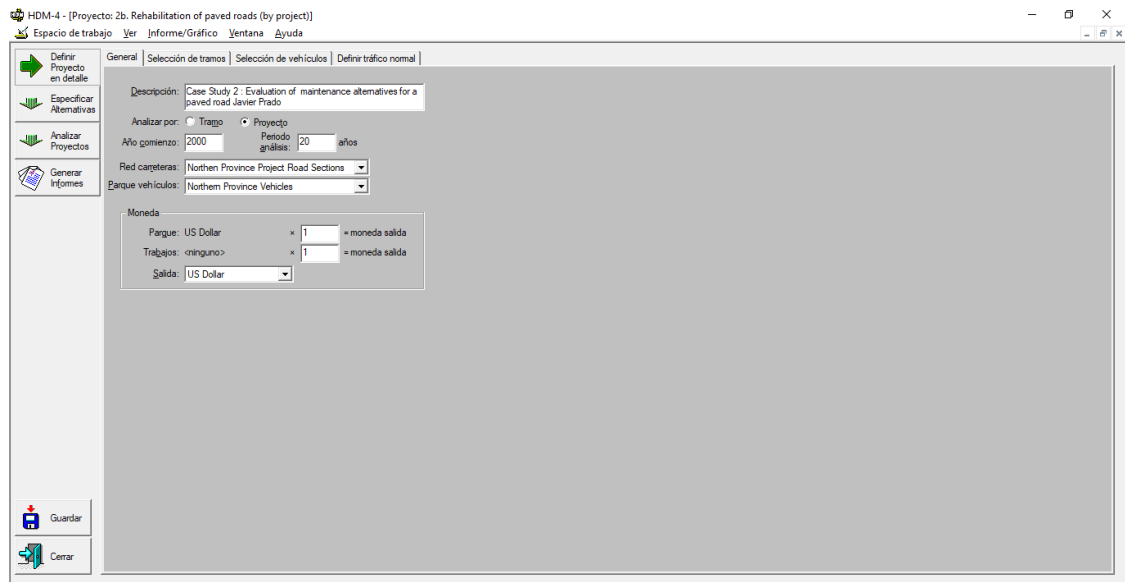


Gráfico N° 63. Inicio del proyecto

Módulo de flotas.

Son características de vehículos que componen flotas que circulan en diferentes secciones. Esta información se encuentra en secciones donde el cálculo de los costos se encuentra en usuarios de carreteras.

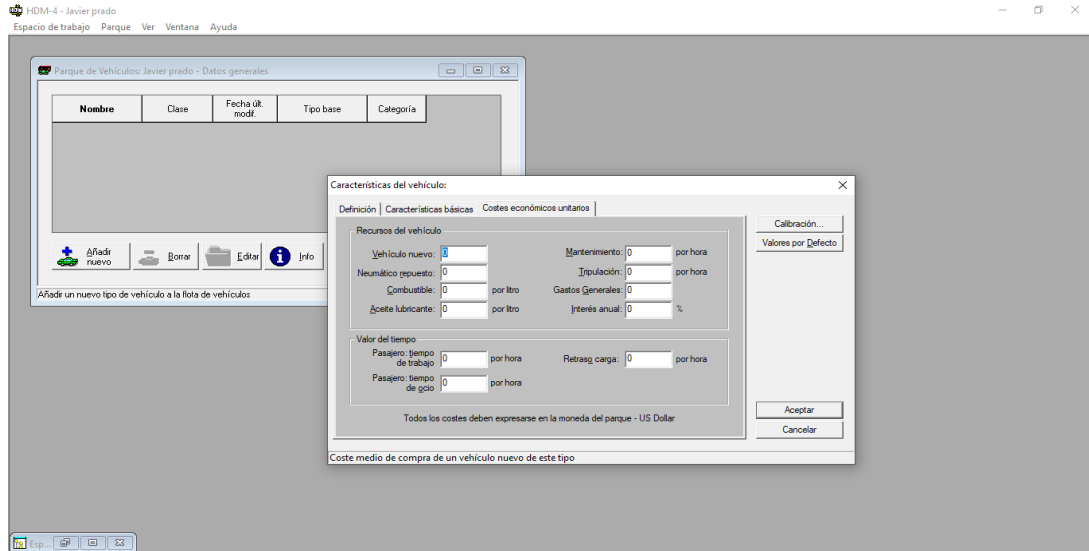


Gráfico N° 64. Clasificación de los costos unitarios de los vehículos que circulan en la vía

En el caso de la forma en que la capacidad especificar el tipo de vehículo que ingresa a la vía, sería un análisis observacional que se realiza a través de monitoreo constantes.

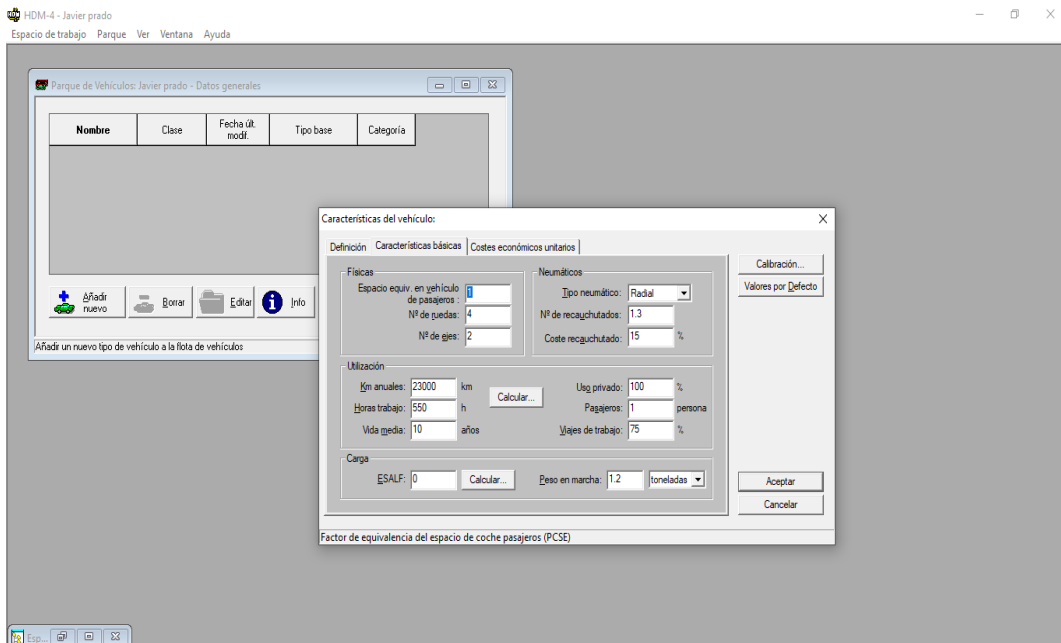


Gráfico N° 65. Características básicas

Los vehículos tipificados se tienen con parámetros por defectos que pueden modificarse de acuerdo a las realidades de cada país. Este tipo de vehículos se encuentran clasificados como motorizado (incluyendo motocicletas) y no motorizados (bicicletas, peatón, tracción animal).

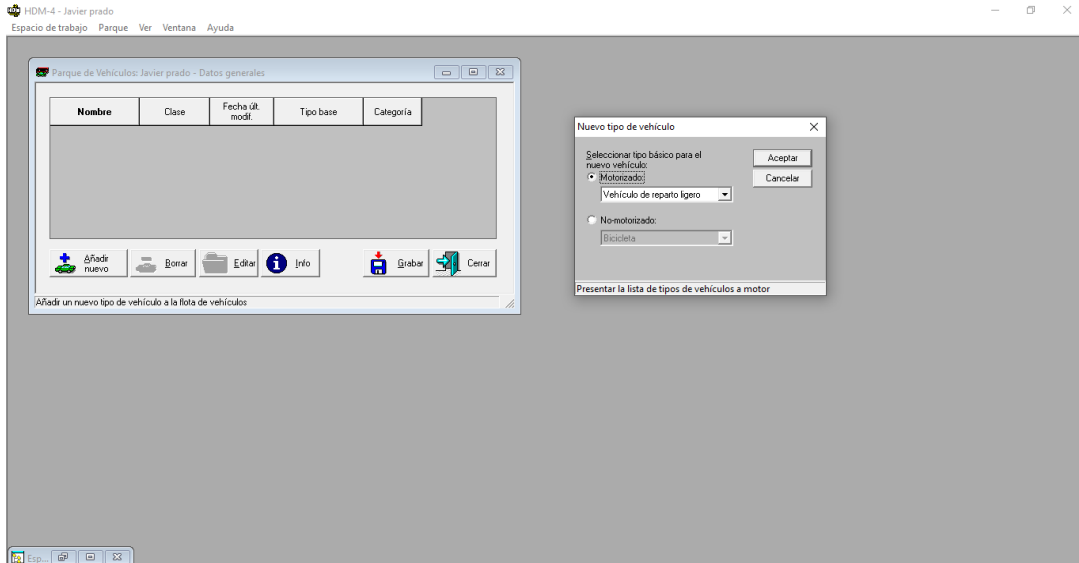


Gráfico N° 66. Módulo de clasificación por tipo de vehículo (motorizado o no)

Para estos casos, se considera que existe una sub categoría, donde se puede considerar la fuerza en que los vehículos ejercen son en la vía: fuerza, velocidad, combustible, efectos de la aceleración, energía, emisiones, vida óptima del vehículo, grado de conservación, tipos de neumáticos.

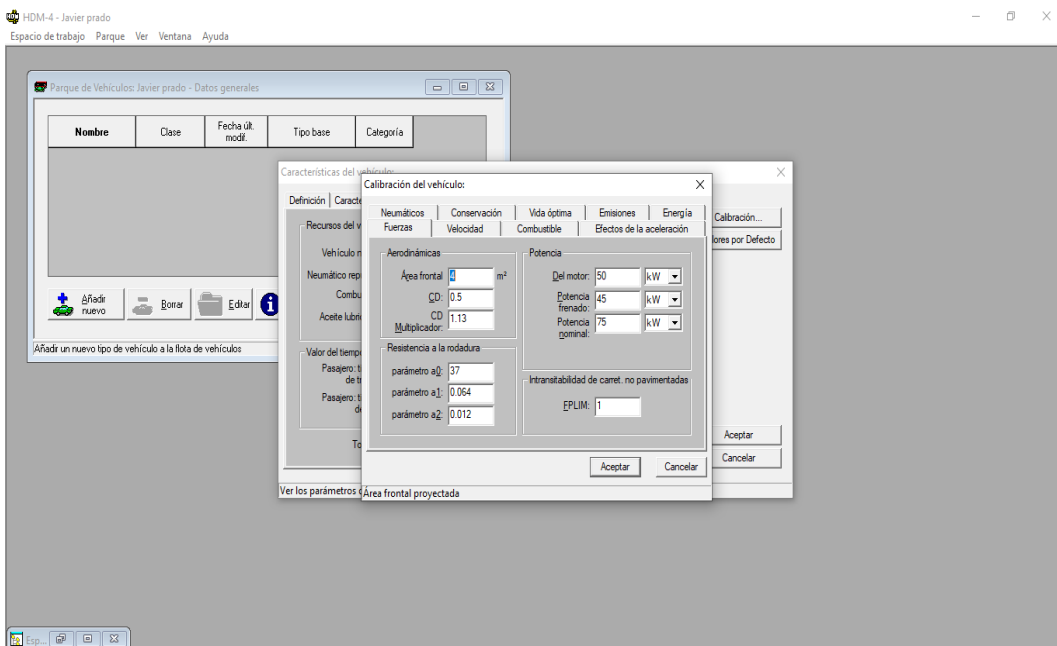


Gráfico N° 67. Calibración de vehículos

Módulo de conservación y mejora.

Los estándares pueden aplicarse en el camino o pavimento, donde se puede mejorar tanto en su condición como en la funcionalidad. Estos estándares se encuentran en actividades programadas por un tiempo determinado. La variación en la reducción de la rugosidad IRI, se debe al aumento en la capacidad estructural, donde se encuentra en función a la capacidad del flujo vehicular.

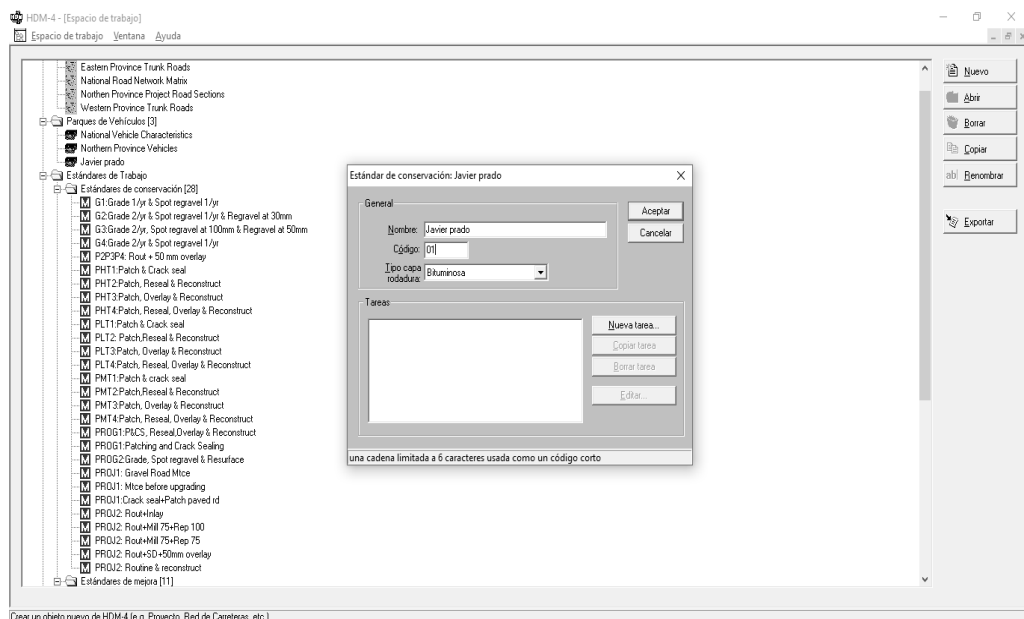


Gráfico N° 68. Tipo de conservación

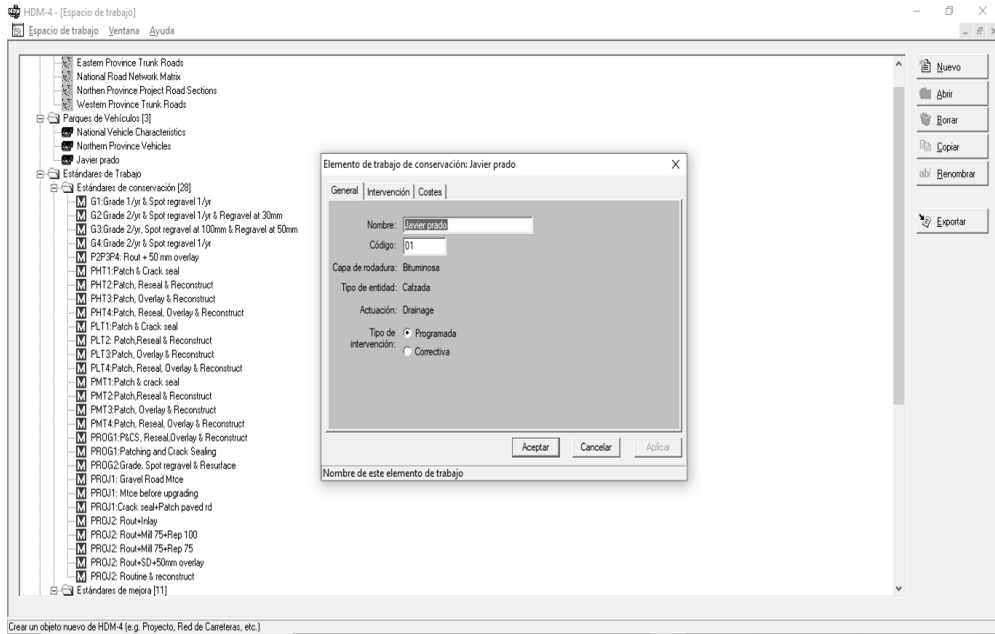


Gráfico N° 69. Tipo de rodadura

Módulo de configuración.

Se definen características con patrones de tránsito (estacional, flujo libre, conmutador, interurbano), donde la relación velocidad / capacidad se encuentra en función dependiente por la calzada, climática (humedad, temperaturas, recubierta).

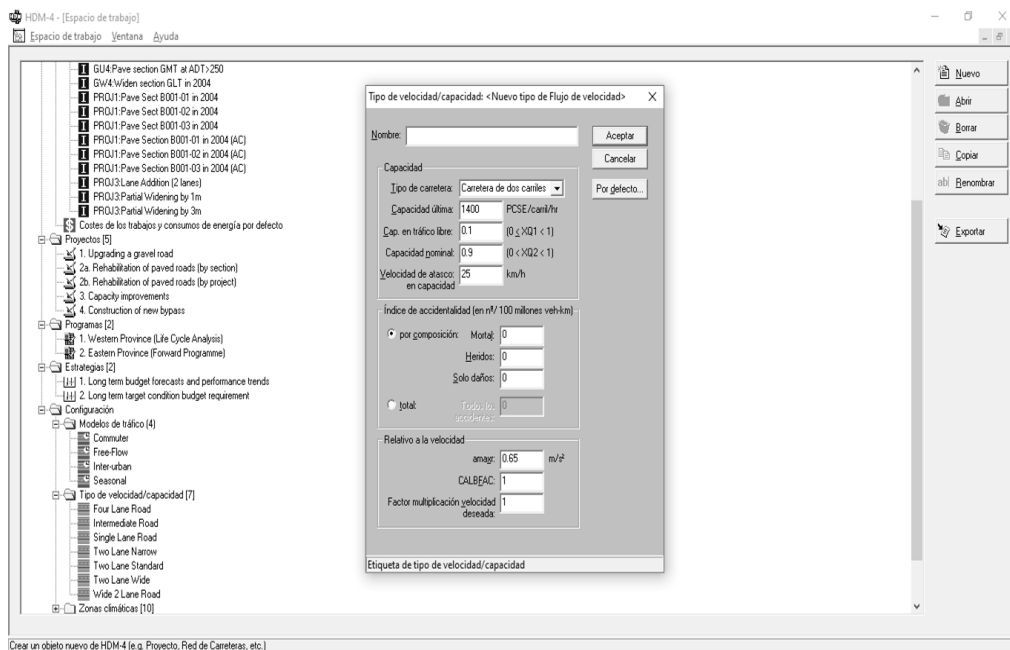


Gráfico N° 70. Tipo de velocidad / capacidad

Módulo de análisis de proyectos.

Los datos básicos se encuentran en una sección de flota que se circula en función a una serie de actividades para determinar la estrategia más conveniente en la aplicación del módulo de análisis de proyectos. Se definen parámetros se encuentran en evaluación con monedas de entrada y periodo de entrada y salida. La distribución porcentual se basa en los tipos de vehículos que circulan en la vía. El módulo HDM-4, se encuentra en función análisis, modificación, o corrección en los valores de los parámetros en función a sus requerimientos de uso.

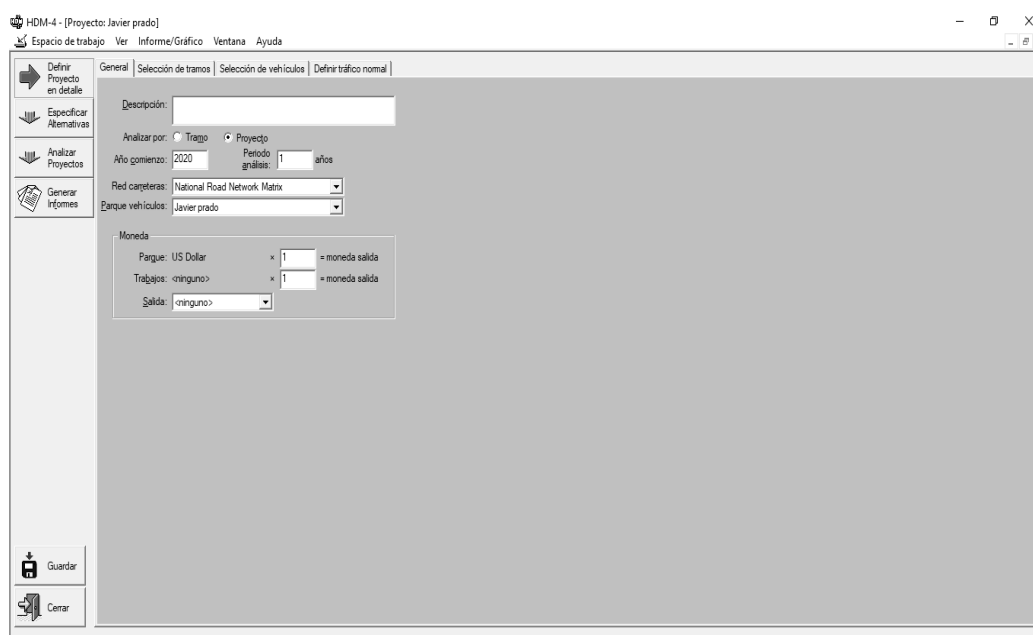
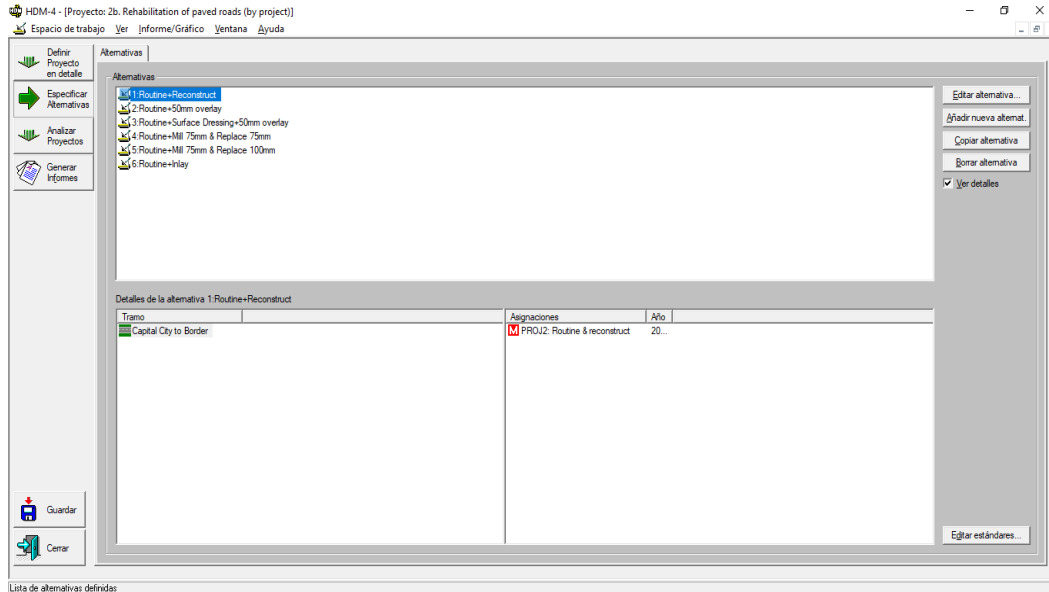


Gráfico N° 71. Ingreso del análisis de proyectos

Si bien, los estándares que se aplican se establecen en la tasa de descuento que se incorporan en el análisis de costos, consumo de energía, contaminación y accidentes. Los reportes presentados se encuentran en función al deterioro de alternativas, son evaluadas con consumos físicos para la operación del vehículo.



Lista de alternativas definidas:

Gráfico N° 72. Alternativas de solución con sus combinaciones

Módulo de análisis de programas.

Los requerimientos de actividades de conservación o rehabilitación son prioridades en que se establecen criterios para la ejecución de obras que se encuentran en función a un beneficio / costo que incrementan el valor actual neto. Por este motivo, existe una serie de monedas que pueden ser invertidas en el sistema de análisis de proyectos. La capacidad de evaluación se basa en secciones formuladas de la siguiente forma:

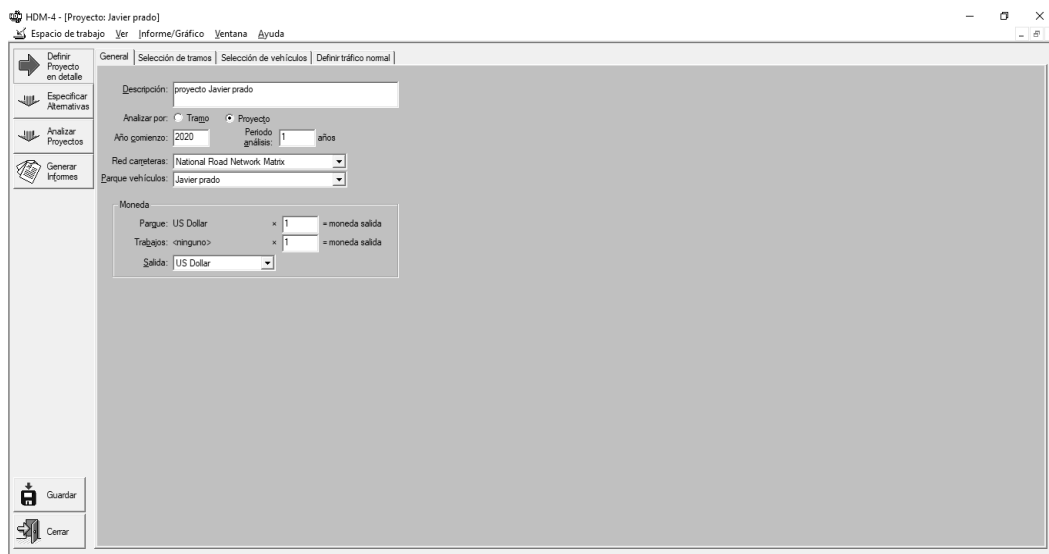


Gráfico N° 73. Módulo de análisis de datos

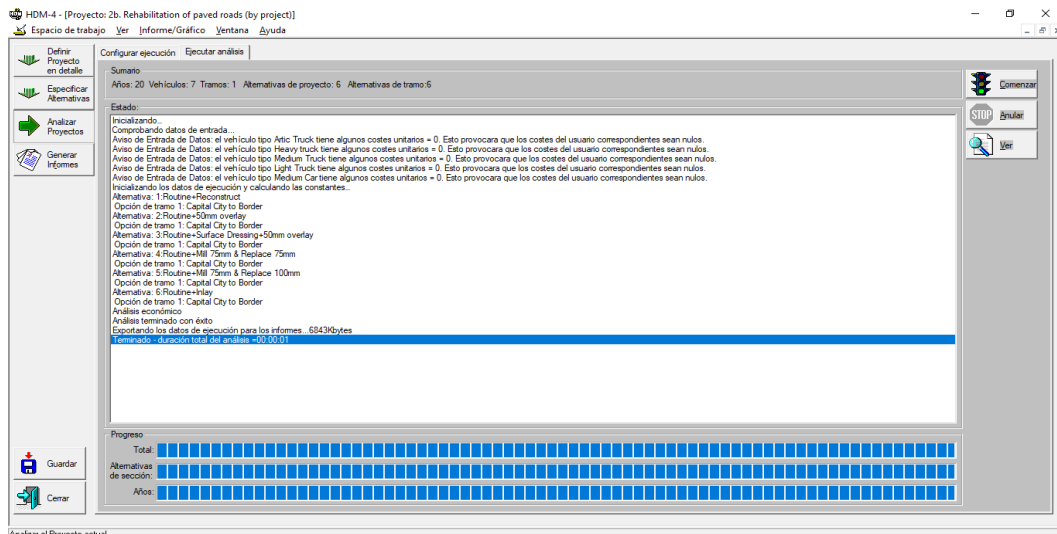


Gráfico N° 74. Simulación del programa

Módulo de análisis de estrategias.

En este caso, se evalúan los diferentes eventos que pueden aplicarse para la generalización de la red o análisis en el efecto, en función a la red del análisis del efecto que se tiene sobre la red de fondos. La determinación de condiciones se encuentra en función a las condiciones determinadas como estrategias, las cuales pueden ser convenientes en la optimización de estándares de conservación.

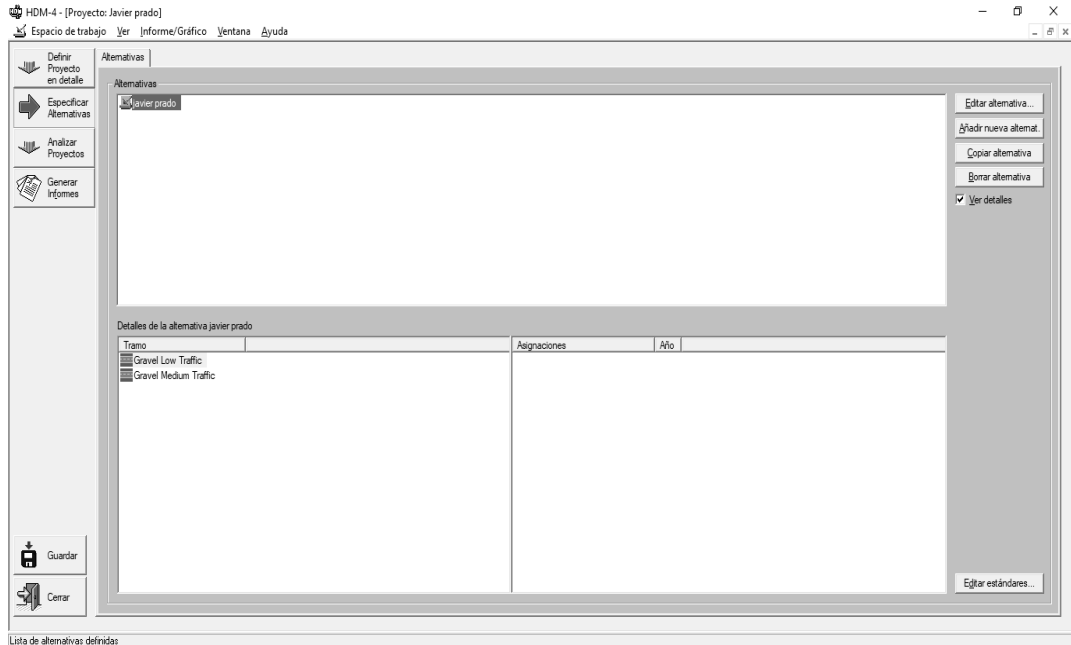


Gráfico N° 75. Tipos de estrategias

En esta sección, se considera que los estudios y características se encuentran en función a los módulos optimizando estrategias, que pueden encontrarse en función a la condición de la mejora de la rugosidad IRI media.

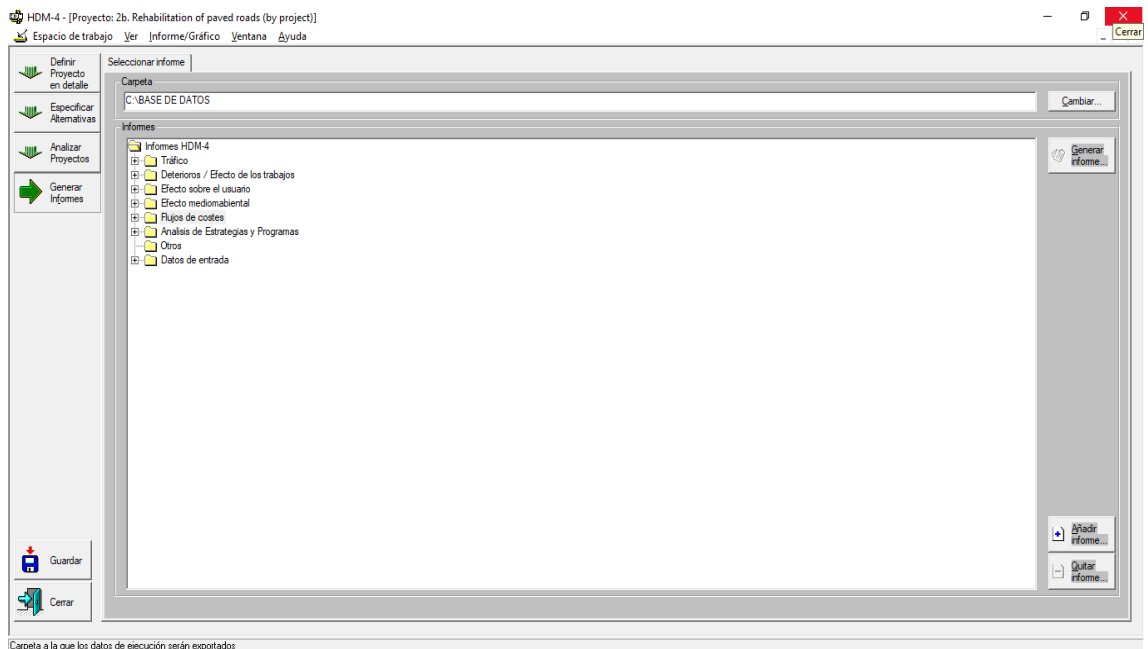


Gráfico N° 76. Generar informes

Luego de ingresar la información se analiza por tráfico:

HDM - 4 Gráfico Intensidad Media Diaria por Alternativas de Proyecto

Nombre del Estudio: 2b. Rehabilitation of paved roads (by project)
Fecha de Ejecución: 06-11-2020

Alternativa de Proyecto: I: Routes/Recon:trac

Intensidad Media Diaria (IMD) para Vehículos Motorizados

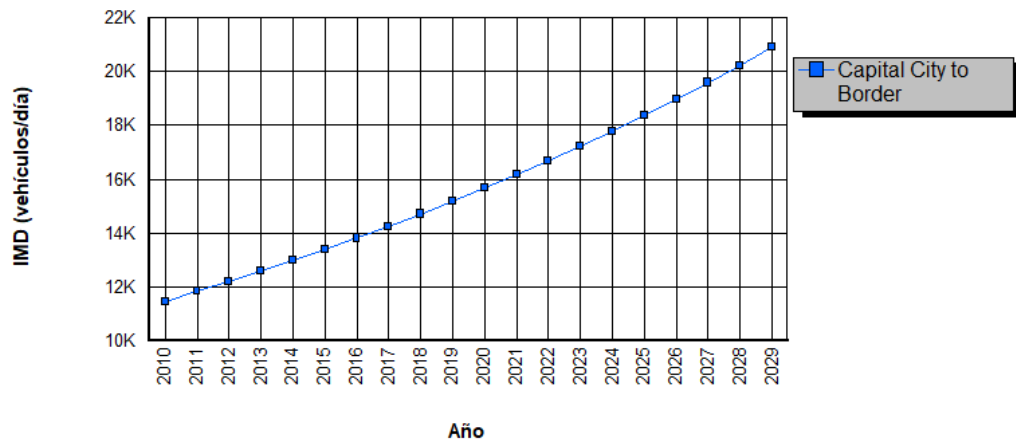


Gráfico N° 77. Informe de intensidad del tráfico

Tramo: Capital City to Border
 Alternative: 1.Roadway Reconstruct

	Arbo Truck	Heavy truck	Light Goods Vehicle	Light Truck	Medium Bus	Medium Car	Medium Truck	Total
2010	254	1,015	2,562	1,522	254	3,842	2,029	11,477
	0	0	0	0	0	0	0	0
	254	1,015	2,562	1,522	254	3,842	2,029	11,477
2011	260	1,035	2,664	1,562	260	3,998	2,070	11,826
	0	0	0	0	0	0	0	0
	260	1,035	2,664	1,562	260	3,998	2,070	11,826
2012	264	1,056	2,771	1,583	264	4,156	2,111	12,205
	0	0	0	0	0	0	0	0
	264	1,056	2,771	1,583	264	4,156	2,111	12,205
2013	269	1,077	2,852	1,615	269	4,322	2,153	12,587
	0	0	0	0	0	0	0	0
	269	1,077	2,852	1,615	269	4,322	2,153	12,587
2014	275	1,098	2,937	1,647	275	4,495	2,196	12,983
	0	0	0	0	0	0	0	0
	275	1,098	2,937	1,647	275	4,495	2,196	12,983
2015	280	1,120	3,117	1,690	280	4,675	2,240	13,393
	0	0	0	0	0	0	0	0
	280	1,120	3,117	1,690	280	4,675	2,240	13,393
2016	286	1,143	3,241	1,714	286	4,862	2,285	13,816
	0	0	0	0	0	0	0	0
	286	1,143	3,241	1,714	286	4,862	2,285	13,816
2017	291	1,165	3,371	1,748	291	5,056	2,331	14,255
	0	0	0	0	0	0	0	0
	291	1,165	3,371	1,748	291	5,056	2,331	14,255
2018	297	1,189	3,506	1,783	297	5,259	2,378	14,708
	0	0	0	0	0	0	0	0
	297	1,189	3,506	1,783	297	5,259	2,378	14,708
2019	303	1,213	3,646	1,819	303	5,469	2,425	15,178
	0	0	0	0	0	0	0	0
	303	1,213	3,646	1,819	303	5,469	2,425	15,178
2020	309	1,237	3,792	1,855	309	5,688	2,474	15,664
	0	0	0	0	0	0	0	0
	309	1,237	3,792	1,855	309	5,688	2,474	15,664
2021	315	1,262	3,944	1,892	315	5,915	2,523	16,166
	0	0	0	0	0	0	0	0
	315	1,262	3,944	1,892	315	5,915	2,523	16,166
2022	322	1,287	4,101	1,930	322	6,152	2,574	16,687
	0	0	0	0	0	0	0	0
	322	1,287	4,101	1,930	322	6,152	2,574	16,687
2023	328	1,312	4,265	1,969	328	6,398	2,625	17,226
	0	0	0	0	0	0	0	0
	328	1,312	4,265	1,969	328	6,398	2,625	17,226

HDM - 4 Relación Volumen Capacidad por periodo

ROADWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Nombre del estudio: 2b. Rehabilitation of paved roads (by project)
 Fecha ejecución: 08-11-2020

Tramo: 1.Roadway Reconstruct
 Alternativa: Capital City to Border

ID Tramo: A001-01

Clase de carretera: Primary or Trunk

Longitud: 50.00 km

Ancho: 8.00 m

Rampa/Pendientes: 20.00 m/km

Curvatura: 75.00 %/km

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
2010	0.610	0.570	0.470	0.330	0.050
2011	0.630	0.580	0.490	0.340	0.050
2012	0.650	0.600	0.500	0.350	0.050
2013	0.670	0.620	0.510	0.360	0.050
2014	0.690	0.640	0.530	0.370	0.050
2015	0.710	0.650	0.550	0.380	0.050
2016	0.730	0.670	0.560	0.390	0.060
2017	0.750	0.690	0.580	0.410	0.060
2018	0.780	0.720	0.600	0.420	0.060
2019	0.800	0.740	0.610	0.430	0.060
2020	0.820	0.760	0.630	0.440	0.060
2021	0.850	0.790	0.650	0.460	0.070
2022	0.870	0.810	0.670	0.470	0.070
2023	0.900	0.830	0.690	0.480	0.070
2024	0.920	0.850	0.710	0.500	0.070
2025	0.960	0.890	0.740	0.510	0.070
2026	0.990	0.910	0.760	0.530	0.080
2027	1.000	0.940	0.780	0.550	0.080
2028	1.000	0.970	0.810	0.560	0.080
2029	1.000	1.000	0.830	0.580	0.080

Tramo: 1.Roadnet Reconstruct
Variante: Capital City to Border

ID Tramo: A001-01

Caja de Camión: Primary or Trunk

Longitud: 50.00 km

Ancho: 8.00 m

Rampas/Pendientes: 20.00 m/km

Curvatura: 75.00/km

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
2010	0.610	0.570	0.470	0.330	0.050
2011	0.630	0.580	0.490	0.340	0.050
2012	0.650	0.600	0.500	0.350	0.050
2013	0.670	0.620	0.510	0.360	0.050
2014	0.690	0.640	0.530	0.370	0.050
2015	0.710	0.650	0.550	0.380	0.050
2016	0.730	0.670	0.560	0.390	0.060
2017	0.750	0.690	0.580	0.410	0.060
2018	0.780	0.720	0.600	0.420	0.060
2019	0.800	0.740	0.610	0.430	0.060
2020	0.820	0.760	0.630	0.440	0.060
2021	0.850	0.780	0.650	0.460	0.070
2022	0.870	0.810	0.670	0.470	0.070
2023	0.900	0.830	0.690	0.480	0.070
2024	0.930	0.860	0.710	0.500	0.070
2025	0.960	0.880	0.740	0.510	0.070
2026	0.990	0.910	0.760	0.530	0.080
2027	1.000	0.940	0.780	0.550	0.080
2028	1.000	0.970	0.810	0.560	0.080
2029	1.000	1.000	0.830	0.580	0.080

Tramo: 2.Roadnet 50mm overlay
Variante: Capital City to Border

Tramo: Capital City to Border
Alternativa: 1:Routine+Reconstruct

ID Tramo: A001-01 Clase carretera: Primary or Trunk Clase de pavimento inicial: Bituminoso
 Longitud: 50.00 km Ancho: 8.00 m Rampa+Pendientes: 20.00 m/km Curvatura: 75.00 %/km Carriles (ELANES): 2.00

Año	IMD			Carga				
	Normal (+Inducido) (veh/día)	Generado (veh/día)	Total (veh/día)	Carga Equivalente por eje (YE4) (millones/carril)	Número de Ejes (YAXk) (millones/ca mil)	Vehículos pesados (QCV) (veh/ca mil/día)	Vehículos ligeros equivalentes (dNELV)	No. de Vehículos con neum. clavos (PASS)
Artic Truck								
2010	254	0	254	0.214	0.231	126.83	2,536.50	0.00
2011	259	0	259	0.219	0.236	129.36	2,587.20	0.00
2012	264	0	264	0.223	0.241	131.95	2,639.00	0.00
2013	269	0	269	0.227	0.246	134.59	2,691.70	0.00
2014	275	0	275	0.232	0.251	137.28	2,745.60	0.00
2015	280	0	280	0.237	0.256	140.03	2,800.50	0.00
2016	286	0	286	0.241	0.261	142.83	2,856.50	0.00
2017	291	0	291	0.246	0.266	145.68	2,913.60	0.00
2018	297	0	297	0.251	0.271	148.60	2,971.90	0.00
2019	303	0	303	0.256	0.277	151.57	3,031.30	0.00
2020	309	0	309	0.261	0.282	154.60	3,092.00	0.00
2021	315	0	315	0.266	0.288	157.69	3,153.80	0.00
2022	322	0	322	0.272	0.294	160.85	3,216.90	0.00
2023	328	0	328	0.277	0.299	164.06	3,281.20	0.00
2024	335	0	335	0.283	0.305	167.34	3,346.80	0.00
2025	341	0	341	0.288	0.312	170.69	3,413.80	0.00
2026	348	0	348	0.294	0.318	174.10	3,482.00	0.00
2027	355	0	355	0.300	0.324	177.59	3,551.70	0.00

Legenda: todas las cantidades se expresan en PCSE/hora

Tramo: Capital City to Border
Alternativa: 1./Roadway Reconstruct

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
2010	1,778.90	1,842.06	1,388.38	957.87	136.84
2011	1,831.13	1,890.27	1,408.56	985.99	140.88
2012	1,885.07	1,740.06	1,450.05	1,015.04	145.01
2013	1,940.78	1,791.49	1,492.91	1,045.03	149.29
2014	1,998.32	1,844.81	1,537.17	1,076.02	153.72
2015	2,057.77	1,899.48	1,582.90	1,108.03	158.29
2016	2,119.18	1,956.17	1,630.14	1,141.10	163.01
2017	2,182.63	2,014.74	1,678.95	1,175.26	167.89
2018	2,248.20	2,075.26	1,729.38	1,210.57	172.94
2019	2,315.95	2,137.80	1,781.50	1,247.05	178.15
2020	2,385.97	2,202.43	1,835.36	1,284.75	183.54
2021	2,458.33	2,269.23	1,891.03	1,323.72	189.10
2022	2,533.13	2,338.28	1,948.56	1,364.00	194.88
2023	2,610.48	2,409.65	2,008.04	1,405.83	200.80
2024	2,690.39	2,483.44	2,069.53	1,449.67	206.95
2025	2,773.03	2,559.72	2,133.10	1,495.17	213.31
2026	2,858.48	2,638.59	2,198.83	1,539.18	219.88
2027	2,900.00	2,731.86	2,266.80	1,586.76	226.68
2028	2,900.00	2,828.98	2,337.08	1,635.96	233.71
2029	2,900.00	2,900.00	2,417.93	1,686.84	240.98
Promedio	2,389.39	2,207.61	1,839.31	1,296.53	183.79

Luego de ingresar la información se analiza por deterioros:

Todos los costes se expresan en: US Dollar.

1: Routine+Reconstruot

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad c trabajo
2010	Capital City to Border	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
		Crack Sealing	CRKSL	354,113.2	424,935.8	70,822.64 sq. m
Coste total anual:				434,113.2	496,935.8	
2011	Capital City to Border	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
Coste total anual:				80,000.0	72,000.0	
2012	Capital City to Border	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
Coste total anual:				80,000.0	72,000.0	
2013	Capital City to Border	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
		Crack Sealing	CRKSL	295,785.3	354,942.3	59,157.05 sq. m
Coste total anual:				375,785.3	426,942.3	
2014	Capital City to Border	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
		Crack Sealing	CRKSL	375,000.0	450,000.0	75,000.00 sq. m
Coste total anual:				455,000.0	522,000.0	
2015	Capital City to Border	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
		Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
Coste total anual:				80,000.0	72,000.0	
2016	Capital City to Border	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
		Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
Coste total anual:				80,000.0	72,000.0	
2017	Capital City to Border	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
		Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
Coste total anual:				80,000.0	72,000.0	
2018	Capital City to Border	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
		Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
Coste total anual:				80,000.0	72,000.0	

Todos los costes se expresan en : US Dollar.

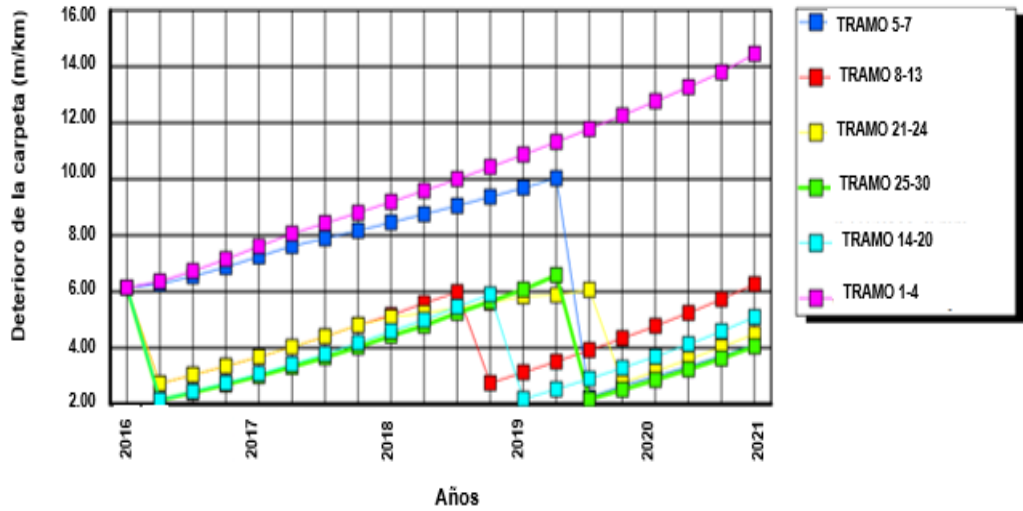
Nota: sólo se muestran tramos que tienen actuaciones activadas.

Alternativa: 1:Routine+Reconstruct Tramo: Capital City to Border Tipo rodadura: Bifuminosa Longitud: 60.00 km Clase de carteras: Primary or Trunk Ancho: 8.00 m					
Año	Descripción	Código	Coste económico	Coste financiero	Cantidad de trabajo
2010	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
	Crack Sealing	CRKSL	354,113.2	424,935.8	70,822.84 sq. m
2011	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
2012	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
2013	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
	Crack Sealing	CRKSL	265,795.3	354,942.3	56,157.05 sq. m
2014	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
	Crack Sealing	CRKSL	375,000.0	450,000.0	75,000.00 sq. m
2015	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
	Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
2016	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
	Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
2017	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
	Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
2018	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
	Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
2019	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
	Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
2020	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m
	Crack Sealing	CRKSL	0.0	0.0	0.00 sq. m
2021	Recon at IPR 10 and 40% damag	RECON	18,000,000.0	19,200,000.0	0.00 sq. m
2022	Patching	PATCH	80,000.0	72,000.0	5,000.00 sq. m

Luego de analizar los deterioros y el tráfico, según a la simulación:

HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

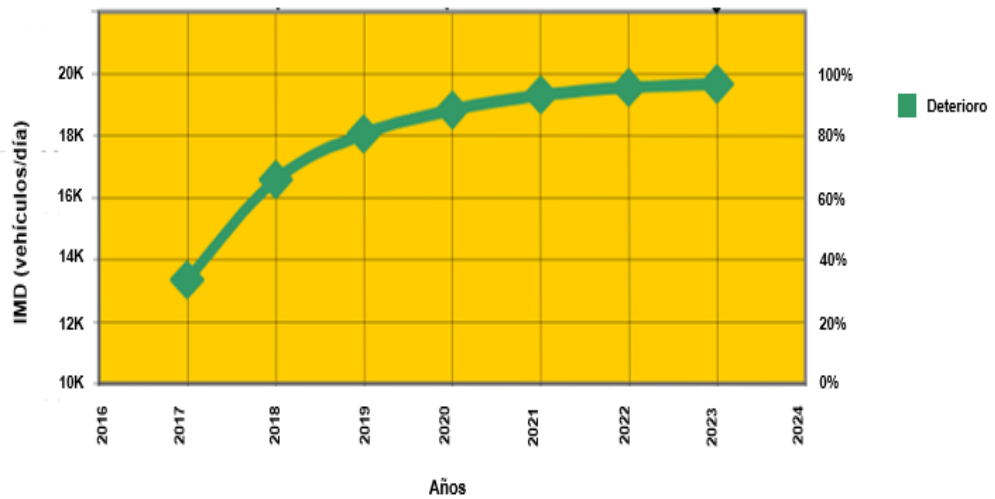


Grafica N° 78. deterioro de la carpeta asfáltica por tramos a través de los años

Fuente: Procesamiento HDM-4

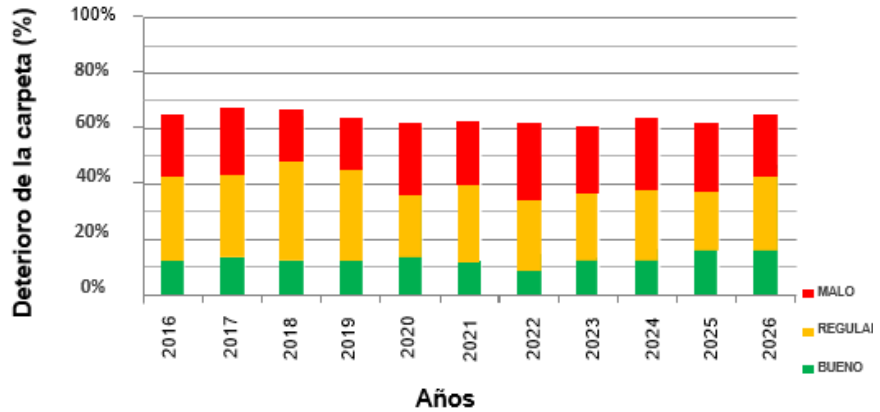
HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT



Grafica N° 79. incremento del flujo vehicular y deterioro de la carpeta asfáltica

Fuente: Procesamiento HDM-4



Grafica Nª 80. condición de pavimento y deterioro de carpeta asfáltica

Fuente: Procesamiento HDM-4

Luego de analizar los deterioros y el tráfico, según a la simulación:

HDM - 4 Resumen del deterioro anual del firme (Combinado)

8/11/2020

Nombre del estudio: 2b. Rehabilitation of paved roads (by project)
 Fecha de ejecución: 08-11-2020

Alternativa: 1: Routine+Reconstruct		Tramo: Capital City to Border		Clase carretera: Primary or Trunk													
Tipo Firme: Bituminoso		Longitud: 60.00km		Ancho: 8.00m													
Año	TM IMD	ESAL millones ELANE	IRI ant. m/km	IRI medio m/km	Valores Medios Anuales												
					Todos f.s. estr %	Desp. años %	Rotura borde m2	Prof. rodera mm	No. de baches	No. de No. de estruct	Espeor año mm	Escolón. medio mm	Juntas desconch %	No. de fallos por km	Loras fisuradas %	Fisuras del. No/km	
2010	11,477	1.16	8.25	8.14	12.92	25.14	10.00	5.21	1.22	4.88							
2011	11,835	1.19	8.42	8.29	10.45	48.36	10.00	5.41	0.00	4.97							
2012	12,205	1.21	8.73	8.58	22.53	88.48	10.00	5.61	0.32	4.89							
2013	12,587	1.24	7.09	8.91	33.15	58.70	10.00	5.83	0.47	4.75							
2014	12,983	1.26	7.38	7.19	36.00	53.88	10.00	6.05	0.42	4.73							
2015	13,393	1.29	7.84	7.45	46.65	52.61	10.00	6.28	0.42	4.71							
2016	13,816	1.31	8.07	7.86	66.97	32.28	10.00	6.54	1.17	4.40							
2017	14,255	1.34	8.50	8.29	81.00	18.25	10.00	6.84	2.07	4.21							
2018	14,708	1.37	8.92	8.71	89.90	9.35	10.00	7.18	2.89	4.10							
2019	15,176	1.39	9.34	9.13	94.98	4.27	10.00	7.55	3.52	4.04							
2020	15,654	1.42	9.77	9.56	97.48	1.76	10.00	7.93	3.91	4.01							
2021	16,146	1.45	10.22	10.00	49.57	0.37	5.00	4.16	4.16	3.99							
2022	16,657	1.48	2.51	2.26	0.00	0.00	0.00	8.62	0.00	4.54							
2023	17,228	1.51	2.88	2.70	0.00	0.00	0.00	12.61	0.00	4.54							
2024	17,784	1.54	3.27	3.08	0.00	0.00	0.00	17.10	0.00	4.54							

Fuente: Procesamiento HDM-4

IX. REFERENCIAS

- Alvin. (2017). *Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la Republica Dominicana. Aplicación a la carretera El Seibo – Hato mayor.* Republica Dominicana.
- Banco Mundial. (04 de 05 de 2020). *Infraestructura, datos e intercambio, una combinación que salva vidas.* Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2017/12/19/infraestructura-datos-e-intercambio>
- Banco Mundial. (04 de 05 de 2020). *Mantenimiento vial.* Obtenido de <https://projects.bancomundial.org/es/projects-operations/project-detail/P082026?lang=en>
- Fustamente. (2019). *Estructuración del método de calculo del IMDa aplicado a proyecto de av. Sanchez Cerro.* Lima: Universidad de Piura.
- INEI. (20 de 03 de 2018). *Tránsito de vehículos a nivel nacional aumentó 4,1%.* Obtenido de <https://www1.inei.gov.pe/prensa/noticias/transito-de-vehiculos-a-nivel-nacional-aumento-41-10651/>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras.* (D. G. Ferrocarriles, Ed.) Lima, Perú: MTC.
- MTC. (13 de 04 de 2015). *DECRETO SUPREMO Nº 034-2008-MTC.* Obtenido de Artículo 15 Del mantenimiento vial: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1582.pdf
- MTC. (01 de 03 de 2016). *Intervenciones en la red vial nacional.* Obtenido de https://www.pvn.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/RVN_PERU_RTT_201601-20160311.pdf
- MTC. (09 de 05 de 2020). *ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA).* Obtenido de <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/>
- Rojas. (2018). *Gestión de mantenimiento vial y su influencia en la satisfacción del usuario de la carretera Shpaja-Chazuta.* Lima.
- Salazar, & Torres. (2016). *Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructural vial de la av. Fitzcarrald tramo carretero - av. Víctor Raúl de la Torre.* Lima.
- Tapia. (2016). *Evaluación ex – post de la implementación del programa de mantenimiento vial por niveles de servicio en la red vial estatal del Ecuador.* Ecuador.

Zarate. (2016). *Modelo de gestión de conservación vial para reducir costos de mantenimiento vial y operación vehicular del camino vecinal Raypa-Huanchay-Molina.*

X. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: “Estudio del flujo vehicular y el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial - Av. Javier Prado Lima 2020”

Tabla 16. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	DEPENDIENTE			
¿De qué manera afecta el flujo vehicular y el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial en la Av. Javier Prado?	Determinar si el incremento del flujo vehicular influye en el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial en la Av. Javier Prado.	El incremento del flujo vehicular incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento vial en la Av. Javier Prado.	DETERIORO DE LA CARPETA ALFÁLTICA	MANTENIMIENTO PERIODICO	Tiempo de intervención (años)	Nivel de investigación: Explicativa Tipo de investigación: Aplicativa Método: Científico Población: 19 kilómetros Muestra: 30 tramos de 0.68 kilómetros Muestreo: Probabilístico
					Tipo de mantenimiento (tramos)	
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	INDEPENDIENTES	TRÁFICO	Tipos de vehículos (clasificación MTC)	
¿Cómo influye el tráfico vehicular en el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado?	Evaluar si el tráfico vehicular incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado.	El tráfico vehicular incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado.	FLUJO VEHICULAR		Cantidad de vehículos (diario)	
¿Cómo las condiciones del pavimento influyen en el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado?	Analizar si la condición de pavimento incrementa el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado.	Las condiciones del pavimento incrementan el deterioro de la carpeta asfáltica en el mantenimiento periódico en la Av. Javier Prado.			CONDICIONES DE PAVIMENTO	Tipos de fallas (tramos)
				Nivel de severidad (tramos)		
					Cálculo del PCI (tramos)	

Fuente. Propia

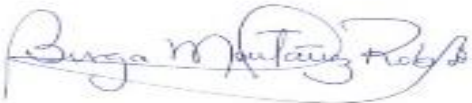
Anexo 2: Matriz de operatividad

Tabla 17. Matriz de operatividad de la variable independiente

Variable independiente	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
FLUJO VEHICULAR	Este comportamiento se debe al desempeño de la economía tanto el sector construcción, agropecuario, comercio y manufactura (INEI, 2018).	Son factores que se encuentran asociados la cantidad de vehículos que circulan en una vía.	TRÁFICO	Tipos de vehículos (clasificación MTC) Cantidad de vehículos (mensual)	Nominal Razón Razón
DETERIORO DE LA CARPETA ASFÁLTICA	Es una serie de capas de materiales, lo cual puede encontrarse en función a las necesidades de la construcción y de los vehículos en que encuentran (MTC, 2015)	Son factores asociados al deterioro del pavimento, los cuales pueden ser determinados por indicadores cualitativos.	CONDICIONES DE PAVIMENTO	Tipos de fallas Nivel de severidad Cálculo del PCI	Razón Razón Razón

Fuente. Propia

Anexo 3: Ficha de validación del instrumento (Experto 1)

I. DATOS INFORMATIVOS							
NOMBRE Y APELLIDO EXPERTO:		Roberto Burga Montañez					
GRADO ACADÉMICO:		Doctor					
CARGO O INSTITUCIÓN EN LA QUE LABORA:		Independiente					
FECHA:		14/07/2020					
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: “ESTUDIO DEL FLUJO VEHICULAR Y EL DETERIORO DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN EL MANTENIMIENTO VIAL, EN LA AV. JAVIER PRADO”							
NOMBRE DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN:							
AUTOR DEL INSTRUMENTO:		MINTRA					
II. ASPECTOS A EVALUAR							
#	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					85%
2	OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					81%
3	ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia y tecnología.					96%
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					85%
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.					87%
6	INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del estudio.					96%
7	CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos-Científicos y del tema de estudio.					95%
8	COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.					87%
9	METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del estudio.					89%
10	CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.					85%
SUBTOTAL							85%
PROMEDIO							80%
FIRMA EXPERTO:					DNI EXPERTO:		10311757

Anexo 4: Ficha de validación del instrumento (Experto 2)

I. DATOS INFORMATIVOS								
NOMBRE Y APELLIDO EXPERTO:		Edward Alberto Dueñas Becerra						
GRADO ACADÉMICO:		Ingeniero						
CARGO O INSTITUCIÓN EN LA QUE LABORA:		Sub Gerente de obras de la municipalidad Distrital de Machupicchu						
FECHA:		14/07/2020						
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: “ESTUDIO DEL FLUJO VEHICULAR Y EL DETERIORO DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN EL MANTENIMIENTO VIAL, EN LA AV. JAVIER PRADO”								
NOMBRE DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN:								
AUTOR DEL INSTRUMENTO:		MINTRA						
II. ASPECTOS A EVALUAR								
#	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					85%	
2	OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					81%	
3	ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia y tecnología.					96%	
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					85%	
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.					87%	
6	INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del estudio.					96%	
7	CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos-Científicos y del tema de estudio.					95%	
8	COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.					87%	
9	METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del estudio.					89%	
10	CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.					85%	
SUBTOTAL							85%	
PROMEDIO							80%	
FIRMA EXPERTO:		 Ing. Edward Alberto Dueñas Becerra INGENIERO CIVIL CIP 126191				DNI EXPERTO:		42422976




















Anexo 5: Ficha de validación del instrumento (Experto 3)

I. DATOS INFORMATIVOS								
NOMBRE Y APELLIDO EXPERTO:		Edmundo Quispe						
GRADO ACADÉMICO:		Ingeniero						
CARGO O INSTITUCIÓN EN LA QUE LABORA:		Supervisor de obras en la Municipalidad Distrital de Pichari						
FECHA:		14/07/2020						
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: “ESTUDIO DEL FLUJO VEHICULAR Y EL DETERIORO DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN EL MANTENIMIENTO VIAL, EN LA AV. JAVIER PRADO”								
NOMBRE DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN:								
AUTOR DEL INSTRUMENTO:				MINTRA				
II. ASPECTOS A EVALUAR								
#	INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%	
1	CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					81%	
2	OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables.					80%	
3	ACTUALIDAD	Adecuado al alcance de ciencia y tecnología.					90%	
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					81%	
5	SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad.					81%	
6	INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos del estudio.					90%	
7	CONSISTENCIA	Basados en aspectos Teóricos-Científicos y del tema de estudio.					90%	
8	COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.					90%	
9	METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del estudio.					89%	
10	CONVENIENCIA	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.					81%	
SUBTOTAL							81%	
PROMEDIO							84%	
FIRMA EXPERTO:		 EDMUNDO F. QUISPE FLORES INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 46885				DNI EXPERTO:		23853055

Anexo 6: Formato de clasificación vehicular

TRAMO DE LA CARRETERA		
SENTIDO	E ←	S →
UBICACIÓN		

ESTACION			
CODIGO DE LA ESTACION			
DIA Y FECHA			

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00	E																			
A 01	S																			
	E																			
	S																			
	E																			
	S																			
	E																			
	S																			
	E																			
	S																			

ENCUESTADOR : _____

JEFE DE BRIGADA : _____

ING.RESPONS: _____

SUPERV.MTC : _____

Anexo 7: Alternativas de solución por fallas en pavimentos

		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS		
		METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)		
ALTERNATIVAS DE SOLUCION				
Item	Tipo de Falla	Unidad	Nivel de Severidad	Alternativas de solución
1	PIEL DE COCODRILO	m2	L	SELLO SUPERFICIAL
			M	PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO, SOBRECARPETA O RECONSTRUCCION
2	EXUDACIÓN	m2	L	-
			M	APLICACIÓN DE ARENA
			H	APLICACIÓN DE ARENA/AGREGADOS (PRECALENTADO SI ES NECESARIO)
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	m2	L	SELLADO DE GRIETAS CON ANCHO MAYOR A 3mm
			M	SELLADO DE GRIETAS
			H	SELLADO DE GRIETAS O SOBRECARPETA
4	ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	m2	L	-
			M	PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO O SOBRECARPETA
5	CORRUGACIÓN	m2	L	-
			M	PARCHEO PROFUNDO
			H	RECONSTRUCCION
6	DEPRESIÓN	m	L	-
			M	PARCHEO SUPERFICIAL O PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO
7	GRIETA DE BORDE	m	L	SELLO DE GRIETAS CON ANCHO MAYOR A 3mm
			M	SELLO DE GRIETAS, PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO
8	GRIETA DE REFLEXIÓN	m	L	SELLADO PARA ANCHOS MAYORES A 3mm
			M	SELLO DE GRIETAS, PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO PARCIAL O RECONSTRUCCION DE JUNTA
9	DESNIVEL CARRIL BERMA	m	L	-
			M	NIVELACION DE LAS BERMAS A NIVEL DE CARRIL
			H	-
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	m	L	SELLO DE GRIETAS CON ANCHO MAYOR A 3mm
			M	SELLO DE GRIETAS
			H	SELLO DE GRIETAS O PARCHEO PARCIAL
11	PARCHEO	m2	L	-
			M	SUSTITUCION DEL PARCHE (EN CASO REQUERIRLO)
			H	SUSTITUCION DEL PARCHE
12	PULIMIENTO DE AGREGADOS	m2	L	-
			M	TRATAMIENTO SUPERFICIAL O SOBRECARPETA
			H	FRESADO Y SOBRECARPETA
13	HUECOS	und	L	PARCHEO PARCIAL
			M	PARCHEO PARCIAL O PROFUNDO
			H	PARCHEO PROFUNDO
14	CRUCE DE VÍA FÉRREA	m2	L	-
			M	PARCHEO PARCIAL
			H	PARCHEO O RECONSTRUCCION DEL CRUCE
15	AHUELLAMIENTO	m2	L	-
			M	PARCHEO SUPERFICIAL O PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO O FRESADO Y SOBRECARPETA
16	DESPLAZAMIENTO	m2	L	-
			M	PARCHEO SUPERFICIAL O PARCIAL
			H	PARCHEO PROFUNDO O FRESADO Y SOBRECARPETA
17	GRIETA PARABÓLICA	m2	L	-
			M	SELLADO DE GRIETAS
			H	SELLADO DE GRIETAS O PARCHEO PARCIAL
18	HINCHAMIENTO	m2	L	-
			M	RECONSTRUCCION
			H	-
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	m2	L	-
			M	SELLO SUPERFICIAL O SOBRECARPETA
			H	SOBRECARPETA O RECONSTRUCCION

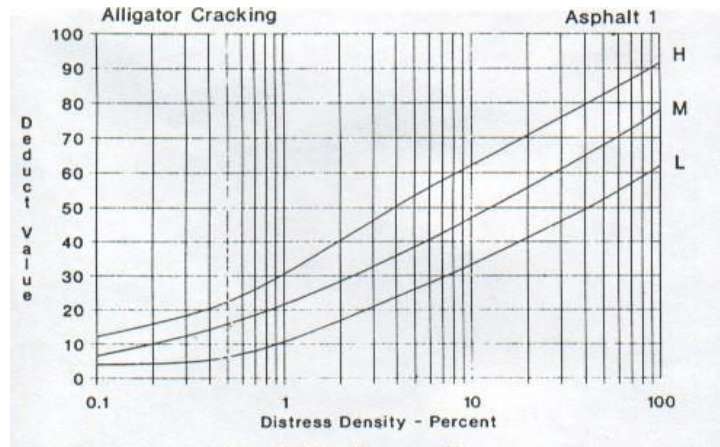
Anexo 9: Matriz de evaluación en pavimentos flexibles

matriz de evaluación para fallas en pavimentos flexibles

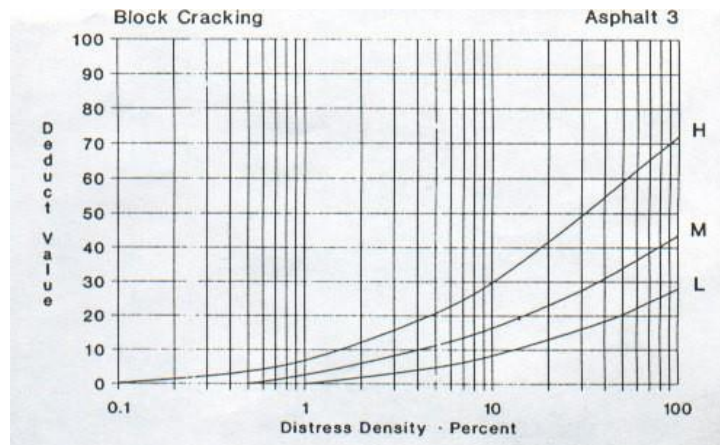
		EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS					
		MÉTODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)					
PATRÓN DE EVALUACIÓN POR CADA CLASE DE FALLA							
N°	TRANSIABILIDAD	SÍMBOLO	UNIDAD	CARACTERÍSTICAS	SEVERIDAD		
					L	M	H
					Low (Baja)	Medium (Medio)	High (Alta)
0	Calidad del Tránsito	TRA		Incomodidad de usuarios	Ninguna	Moderada	Alta
				Reducción de velocidad	Nula	Regular	Considerable
				Rebotes y Vibraciones	Ligera	Significativo	Excesivo
N°	CLASE DE FALLA	SÍMBOLO	UNIDAD	CARACTERÍSTICAS	L	M	H
					Low (Baja)	Medium (Medio)	High (Alta)
1	Piel de Cocodrilo	PC	m ²	Severidad de grietas	s < 10mm	10mm < s < 30mm	s > 30mm
				Interconexión	Baja	Definida	Bien definida
				Descascaramientos	NP (no presenta)	Ligero	Bien definido
				Desprendimientos	NP (no presenta)	NP (no presenta)	Bien definido
2	Exudación	EX	m ²	Grado de exudación	Ligero	Medio	Intenso
				El asfalto se pega a las ruedas de vehículos y zapatos	Pocos días al año	Pocas semanas al año	Varias semanas al año
3	Agrietamiento en Bloque	BLO	m ²	Severidad de grietas que definen los bloques	s < 10mm	10mm < s < 76mm	s > 76mm
4	Abultamientos y	ABH	m ²	Severidad del tránsito	baja	media	alta
5	Corrugación	COR	m ²	Severidad del tránsito	baja	media	alta
6	Depresión	DEP	m ²	Severidad del tránsito	13mm < h < 25mm	25mm < h < 51mm	h > 51mm
7	Grieta de Borde	GB	m	Fragmentación o	NP (no presenta)	Poco Definido	Bien definido
				Severidad	s < 10mm	10mm < s < 76mm	s > 76mm
				Agrietamiento	bajo	medio	severo
8	Grieta de Reflexión de Junta	GR	m	Grieta sin relleno	s < 10mm	10mm < s < 76mm	s > 76mm
				Grieta con relleno			
9	Desnivel Carril Berma	DN	m	Elevación entre el borde del pavimento y la	25mm < h < 51mm	51mm < h < 102mm	h > 102mm
10	Grietas Longitudinales y Transversales	GLT	m	Severidad de las grietas	s < 10mm	10mm < s < 76mm rodeado o no por grietas aleatorias	s > 76mm rodeado por grietas aleatorias de severidad M o H
11	Parcheo	PA	m ²	Condición del parche	Buen estado	Moderadamente deteriorado	Muy deteriorado
				Severidad del tránsito	baja	media	alta
12	Pulimento de Agregados	PU	m ²	Grado de pulimento deberá ser significativo para ser	ND (no definido)	ND (no definido)	ND (no definido)
13	Huecos	HUE	unidad	Huecos con diámetro menor a 762mm (d < 762mm)	102mm < d < 203mm h < 25.4mm	102mm < d < 203mm h > 50.8mm	203mm < d < 457mm h > 50.8mm
					102mm < d < 203mm 25.4mm < h < 50.8mm	203mm < d < 457mm 25.4mm < h < 50.8mm	457mm < d < 762mm 25.4mm < h < 50.8mm
					203mm < d < 457mm h < 25.4mm	457mm < d < 762mm h < 25.4mm	457mm < d < 762mm h > 50.8mm
				Huecos con diámetro mayor a 762mm (d > 762mm)	No definido	h ≤ 25mm	h ≥ 25mm
14	Cruce de vía férrea	CVF	m ²	Severidad del tránsito	baja	media	alta
15	Ahuellamientos	AHU	m ²	Profundidad media del	6mm < h < 13mm	13mm < h < 25mm	h > 25mm
16	Desplazamientos	DES	m ²	Severidad del tránsito	baja	media	alta
17	Grieta Parabólica	GP	m ²	Severidad de la grieta	s < 10mm	10mm < s < 38mm	s > 38mm
				Área alrededor de la grieta	Normal	Fracturada levemente	Fracturada severamente
18	Hinchamiento	HN	m ²	Severidad del tránsito	baja	media	alta
19	Desprendimiento de Agregados	DAG	m ²	Desprendimientos	bajo	regular	considerable
				Textura superficial	Normal	Moderadamente rugosa y ahuecada	Muy rugosa y severamente ahuecada
					No puede penetrarse con una moneda	Puede penetrarse con una moneda	Agregados sueltos

Anexo 10: Curvas de valor deducido

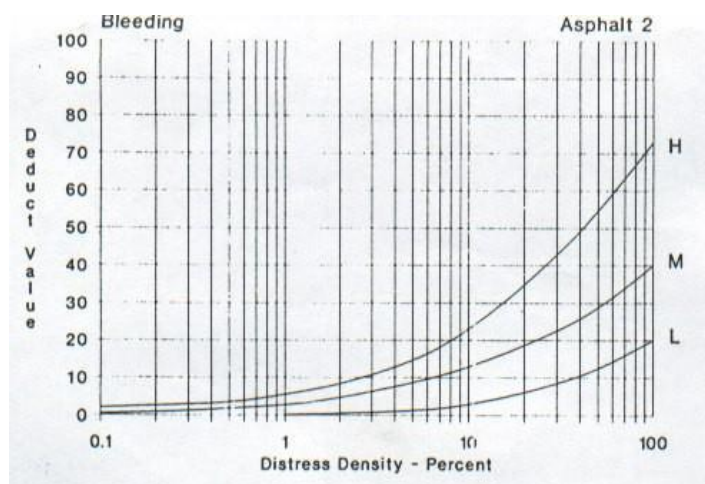
- Piel de cocodrilo



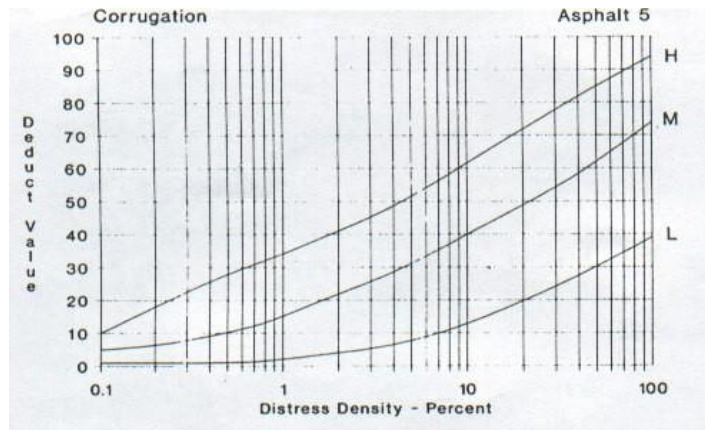
- Fisura en bloque



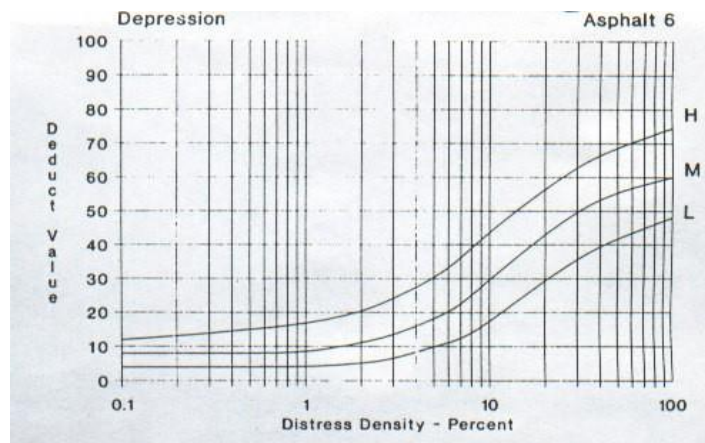
- Abultamiento y Hundimientos



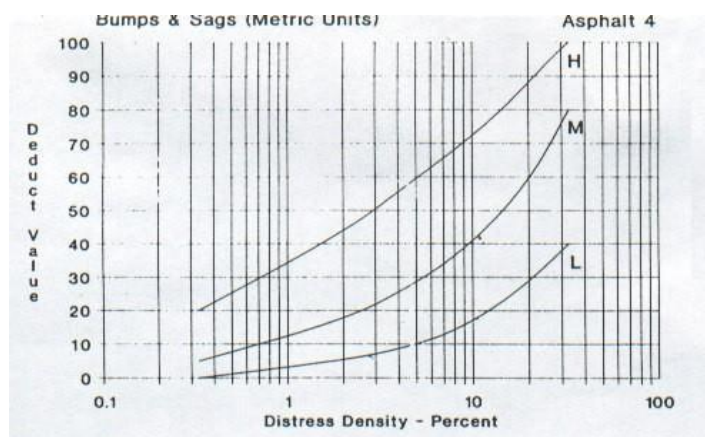
- Corrugación



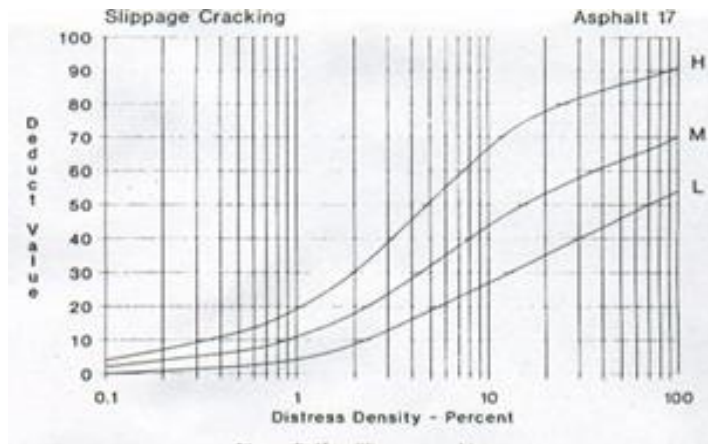
- Depresión



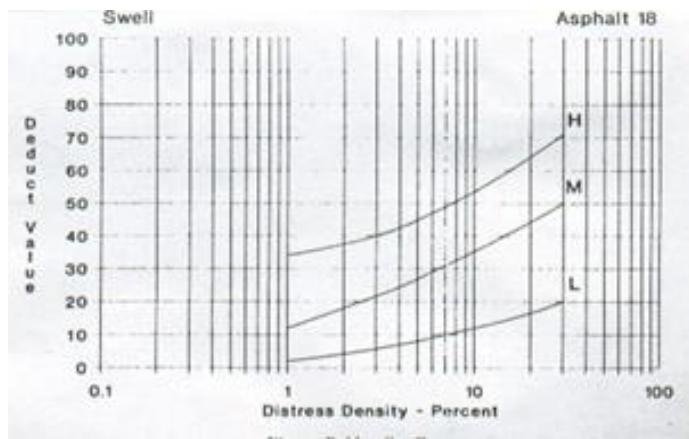
- Exudación



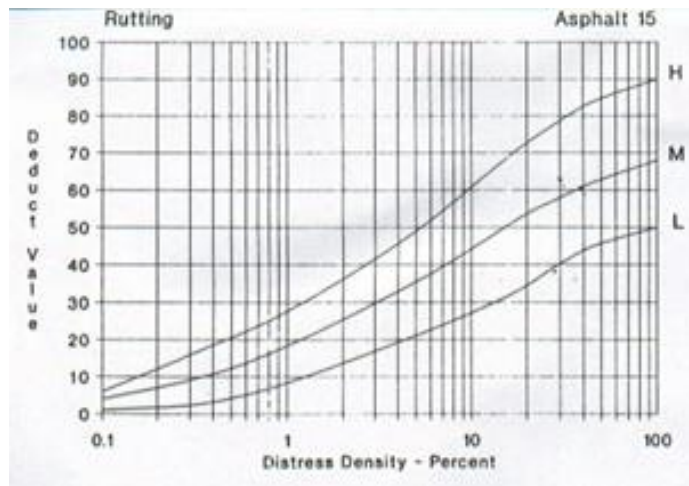
- Grietas parabólicas



- Hinchamiento



- Ahuellamiento



Fuente: Díaz (2016)

Anexo 11: Curva de corrección

