



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis Mecánico Empírico y Criterios de falla de las estructuras
del pavimento flexible en la Av. Metropolitana, Ate-2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Ferreyra Sarmiento, Valia (ORCID:0000-0002-2570-9986)

Guillermo Huari, Lesly Adriana (ORCID:0000-0001-5911-4561)

ASESOR:

Mag. Ing. Diaz Huiza, Luis Humberto (ORCID:0000-0003-1304-5008)

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de infraestructura vial

LIMA-PERÚ

2020

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecemos a Dios por permitirnos culminar esta etapa de nuestras vidas, a nuestros padres por el apoyo y aliento para lograr nuestros objetivos académicos. Al magister Luis Díaz Huiza, nuestro asesor por guiarnos y transmitirnos su gran sabiduría para realizar este proyecto con éxito.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado a ayudar a nuestros padres a moldearnos día a día y brindarles un apoyo incondicional. Nos gustaría agradecer a los profesores por su arduo trabajo y entusiasmo para lograr nuestras metas profesionales.

INDICE

CARATULA	
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	11
III- METODOLOGÍA.....	29
3.2 Variables y Operacionalización	30
3.3 Población, muestra y muestreo.....	32
3.4Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.5 Procedimientos	39
3.6 Método de análisis de datos.....	40
3.7 Aspectos éticos	54
IV. RESULTADOS	55
V.DISCUSIÓN	64
VI.CONCLUSIONES.....	66
VII. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS	70
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rango de tráfico para caminos pavimentados...	13
Tabla 2. Matriz de consistencia	30
Tabla 3. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas...	32
Tabla 4: Unidades de Muestreo.....	34
Tabla 5: Validez por juicio de expertos formatos del PCI y Aforo vehicular... ..	37
Tabla 6: Prueba de fiabilidad del Alfa de Cronbach	37
Tabla 7: Cálculo del máximo valor deducido corregido para la UM 01	43
Tabla 8: Caracterización de material para análisis lineal elástico KENPAVE	45
Tabla 9: Cuadro de deformaciones	46
Tabla 10: Radio de eje de llantas.....	46
Tabla 11: Tipo de tráfico pesado para caminos pavimentados.....	47
Tabla 12: PCI promedio de las Unidades de Muestra	53
Tabla 13: Severidad en fallas incidentes... ..	54
Tabla 14: Matriz consolidada de alternativas de intervención	55
Tabla 15: Resultados con el software KENPAVE.....	56
Tabla 16: Análisis de resultados con el software.....	57
Tabla 17: Coeficiente de correlación de Spearman de la hipótesis general	58
Tabla 18: Coeficiente de correlación de Spearman de la hipótesis específica1 ..	59
Tabla 19: Coeficiente de correlación de Spearman de la hipótesis específica2 ..	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes del pavimento flexible.....	12
Figura 3: Diseño método mecanístico empírico para pavimento flexible	15
Figura 3. Coeficiente estructural por capa	16
Figura 4: Presión de inflado y contacto de la llanta	17
Figura 5: Distancia, presión, contacto y puntos críticos de la rueda	17
Figura 6:Falla tipo piel de cocodrilo en la Av. Metropolitana.....	19
Figura 7:Deterioro en parches de un pavimento flexible	20
Figura 8:Baches de un pavimento flexible	21
Figura 9:Ahuellamiento de un pavimento flexible	22
Figura 10: Deformación transversal de un pavimento flexible	22
Figura 11: Ondulaciones de un pavimento flexible.....	23
Figura 12:Grietas de borde en la Av. Metropolitana.....	24
Figura 13. Escala de calificación y colores sugeridos PCI- ASTM D6433-07.....	26
Figura 14: Lugar de evaluación- Ubicación geográfica.....	31
Figura 15: Especificación de unidades de muestreo en el lugar de evaluación...33	
Figura 16: Hoja de registro datos en Campo de la Unidad de Muestra	39
Figura 17: Curva de valor deducido para Grietas Longitudinales/Transversales	40
Figura 18: Hoja registro Densidad y Valor Deducido UM 01	41
Figura 19: Curva de corrección de valores deducidos.....	42
Figura 20: Estructura del pavimento flexible.....	43
Figura 21: Ventana principal de KENPAVE.....	47
Figura 22: Ventana información general de KENPAVE.....	48
Figura 23: Ventana layer de KENPAVE.....	48
Figura 24: Ventana damage de KENPAVE... ..	49
Figura 25: Ventana principal de KENPAVE para visualizar los resultados	50
Figura 26: Ventana "lgraph" de KENPAVE.....	52
Figura 27: Falla bache en el pavimento flexible de la avenida Metropolitana	73
Figura 28: Falla piel de cocodrilo en el pavimento de avenida Metropolitana	73
Figura 29: Falla de desprendimiento en el pavimento de avenida Metropolitana.	74
Figura 30: Falla grieta de borde en el pavimento de avenida Metropolitana.....	74

Figura N°31: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp5-KENPAVE... ..	85
Figura N°32: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp6-KENPAVE... ..	85
Figura N°33: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp7-KENPAVE... ..	86
Figura N°34: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp8-KENPAVE... ..	86
Figura N°35: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp9-KENPAVE... ..	87
Figura N°36: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp10-KENPAVE... ..	87
Figura N°37: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp11-KENPAVE... ..	88
Figura N°38: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp12-KENPAVE... ..	88
Figura N°39: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp13-KENPAVE... ..	89
Figura N°40: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp14-KENPAVE... ..	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores).....	75
Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor).....	76
Anexo 3. Matriz de Operacionalización de variables	77
Anexo 4. Instrumento de recolección de datos... ..	78
Anexo 5. Tipo de falla encontradas en la Av. Metropolitana.....	79
Anexo 6. Hojas de registros... ..	81
Anexo 7. Curvas de valor reducido para el pavimento flexible.....	88
Anexo 8. Modelo de deformaciones elásticas con el software KENPAVE... ..	91
Anexo 9. Informe de opinión de expertos de la investigación	96
Anexo 10. Memoria descriptiva de la avenida metropolitana via auxiliar	100

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

1. AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials
2. Av: Avenida
3. Cbr: California Bearing Ratio
4. Dc: Descascaramiento
5. Est: Estimado
6. EE: Ejes equivalentes
7. FC: Factor de Corrección
8. Glb: Global
9. Hun: Hundimiento
10. IDMA: Índice medio diario anual
11. IDU: Instituto de desarrollo urbano
12. IMDS: Índice medio diario semanal
13. Km: Kilometro
14. m: Metro
15. MEPDG: Mechanistic empirical pavement design guide
16. MTC: Ministerio de transporte y comunicaciones
17. Pch: Parche
18. PCI: Pavement condition index
19. PR: Punto referencial
20. Pv: Pavimento
21. SPSS: Statistical Package for the Social Sciences
22. Und: Unidad
23. Vd: Valor deducido
24. VRS: Valor relativo de soporte

RESUMEN

La presente tesis se realizó en la provincia de Lima, distrito de Ate, teniendo como objetivo principal, determinar en que medida el análisis mecánico empírico permitirá implementar las alternativas de intervención con respecto a los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible de la avenida Metropolitana Ate- 2020. Así mismo, presenta un diseño no experimental, de corte transversal y nivel correlacional, tipo de investigación básico y como técnica la ficha de observación para las dos variables.

Se analizó los resultados a través del procedimiento de recolección de datos, mediante el método de Índice de Condición del Pavimento (PCI) utilizando las hojas de registro para cada unidad de muestra y la aplicación Kenpave para el análisis estructural del pavimento flexible en la avenida Metropolitana.

Finalmente se logó especificar la relación entre el Análisis mecánico empírico y los criterios de falla, teniendo como resultado que al realizar el análisis mecánico empírico con el software KENPAVE se logra percibir el nivel de daño que presenta el pavimento flexible con el transito propuesto en el manual de carretera para una avenida de bajo y medio volumen de transito. Adicionalmente se pudo implementar las alternativas de intervención con respecto a los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible.

Palabras claves:

Método mecánico empírico, criterios de falla, pavimento flexible.

ABSTRACT

This thesis was carried out in the province of Lima, district of Ate, with the main objective of determining to what extent the empirical mechanistic analysis will allow the implementation of intervention alternatives with respect to the failure criteria of the flexible pavement structures of the avenue Metropolitana Ate- 2020. Likewise, it presents a non-experimental design, cross-sectional and correlational level, type of basic research and as a technique the observation sheet for the two variables.

The results were analyzed through the data collection procedure, using the Pavement Condition Index (PCI) method using the record sheets for each sample unit and the Kenpave application for the structural analysis of the flexible pavement in Metropolitan avenue.

Finally, the relationship between the empirical mechanistic analysis and the failure criteria was specified, with the result that when performing the empirical mechanistic analysis with the KENPAVE software, it was possible to perceive the level of damage that the flexible pavement presents with the traffic proposed in the manual. of highway for an avenue of low and medium volume of traffic. In addition, it was possible to implement the intervention alternatives with respect to the failure criteria of the flexible pavement structures.

Keywords:

Empirical mechanistic method, failure criteria, flexible pavement.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia hasta nuestra era, el desarrollo de los caminos, vías y carreteras han cumplido un rol muy importante en todo el mundo, debido a su calidad y desarrollo para la humanidad, son índices del progreso global ya que facilitan y mejoran el traslado de los vehículos con rapidez, comodidad y ante todo con seguridad. Sin embargo, las grandes redes viales construidas han generado problemas de mantenimiento y de medio ambiente.

En la actualidad, en los Estados Unidos, los principios de mantenimiento y reparación de aceras se basan en diferentes tecnologías o procedimientos para evaluar el estado de las aceras y, en última instancia, tienen como objetivo caracterizar el proceso de deterioro, planificar, diseñar y aplicar las medidas correctivas necesarias, y determinar el mecanismo o causa de estas medidas correctivas. Sin estos remedios, es difícil pensar en el método más adecuado. El alcance del proceso de evaluación va desde el seguimiento y control de la evolución del estado de la red vial hasta la determinación del área a reparar, presentando características muy diferentes según la finalidad y uso de la información. Sin embargo, todos ellos tienen una etapa de campo común: la identificación de daños o deterioro visibles en la superficie de la vía. (Departamento de administración y evaluación de pavimentos, 2016, pág. 9)

En el Perú la falta de una política de mantenimiento preventivo lleva necesariamente a un mantenimiento correctivo, que requiere de una reconstrucción. Esto se produce al no reparar a tiempo los problemas ocasionados en las infraestructuras por los usuarios, lo que produce que las vías pierdan sus principales características de diseño hasta el punto donde se pone en riesgo la calidad, el servicio y la finalidad con la que fue construida, esto ha ocasionado que se deterioren de forma evidente las principales carreteras del país, tanto vías troncales como vías secundarias, causando un sobre costo innecesario y problemas de seguridad vial.

Entonces se puede decir que el deterioro del pavimento de la Av. Metropolitana ha ido aumentando debido a que se viene ejecutando el proyecto de la Línea 2 del Metro de Lima-Callao, ya que este pavimento es una vía alterna para la transitabilidad diaria de los vehículos, esta Está construido para brindar mayor comodidad a los usuarios que utilizan las carreteras, pero las aceras de estas carreteras se deteriorarán, lo que traerá incomodidad e inseguridad a las personas que conducen vehículos por carreteras en mal estado. Por ejemplo, podemos hablar del retraso de la hora de llegada en determinados lugares, el desgaste de los neumáticos y el consumo excesivo de combustible cuando el vehículo está acelerando y desacelerando continuamente; la invasión de carril también se puede atribuir a los pavimentos en mal estado que muchas de las veces genera accidentes de tránsito; otro efecto que acarrea este problema es la mala impresión que generan las fallas del pavimento a la ciudad, debiéndose tener en cuenta para tomar medidas correctivas y solucionar estos problemas, ya que se sabe que la infraestructura de una ciudad es importante para el desarrollo socioeconómico.

Mediante la apreciación ocular, se pudo determinar que la mayor parte de la avenida Metropolitana en la ciudad de Lima, distrito de Ate tiene un pavimento flexible ha sido dañada porque fue pavimentada hace una década, y desde entonces, es viable que no se haya sometido a ningún tipo de tratamiento o mantenimiento. Cuando lo atraviesas, es fácil ver grietas, daños, grietas, deterioro de la superficie, etc. Si todos estos se encuentran en fallas estructurales, pueden incurrir en altos costos de mantenimiento o reparación, y estos problemas se pueden descubrir a tiempo cuando todavía son fallas funcionales.

1.1 Antecedentes internacionales

Morales R. (2016). Universidad Don Vasco A.C. Michoacán -México, en la tesis titulada “Revisión de la estructura de pavimento flexible en el tramo carretero Parangaricutiro-antiguo pueblo de San Juan nuevo del km 5+000 al 8+000 en la localidad de san Juan Nuevo”, indico como objetivo revisar la estructura de pavimento flexible en el tramo carretero Parangaricutiro-antiguo pueblo de San Juan nuevo para verificar si cumple con las normas de la secretaria de comunicaciones y transportes. Aplicando la metodología no experimental. Llegando a la conclusión de que los espesores del tramo carretero existente no son los óptimos para este tipo de carretera D; sin embargo, si cumplen algunas capas con los espesores; las que no cumplen son la carpeta asfáltica la cual solamente colocaron doble riego de sello, siendo que lo correcto hubiese sido colocar una carpeta con espesor mínimo de 5 centímetros. También se observó que no era necesaria la colocación de la subrasante ya que se encontró un valor relativo de soporte (VRS) alto en el terreno natural, el cual es apropiado para sostener esta estructura y las cargas de los vehículos; por esta razón se elimina la subrasante en la propuesta de pavimento, se aumentó el espesor de la base hidráulica y la sub base.

Amaya y Rojas (2017). Universidad Santo Tomás, Bogotá – Colombia, en la tesis titulada “Análisis comparativo entre metodologías VIZIR y PCI para la auscultación visual de pavimentos flexibles en la ciudad de Bogotá”. Indico como objetivo el Análisis comparativo entre las metodologías de auscultación visual VIZIR (Francia) y PCI (EE. UU), para un tramo vial, construido en pavimento flexible y ubicado en la ciudad de Bogotá D.C, con el fin de verificar cuál de las metodologías se ajusta mejor al estado real del pavimento. Aplicando la metodología experimental. Se obtuvo como resultado que la metodología PCI dio como promedio una clasificación Muy Bueno y la metodología VIZIR una clasificación Buena. Como se mencionó estas metodologías cuentan con diferentes criterios de clasificación y aunque sus porcentajes no sean los mismos, fueron suficientes para que ambas metodologías arrojaran una clasificación similar, ya que el rango de clasificación Muy Bueno para PCI se encuentra entre 85 y 70, en nuestro caso se obtuvo 83 en clasificación promedio, mientras que el rango de clasificación Bueno para VIZIR es de 1 y 2, obteniendo un promedio de 1 en la clasificación.

Llegando a la conclusión que luego de evaluar y analizar el estado de deterioro del pavimento de la Avenida Boyacá entre calles 26 (Avenida del Dorado) y calle 93A, sentido Sur – Norte, para lo cual se utilizaron las metodologías PCI y VIZIR, se consiguieron resultados similares, obteniendo la clasificación promedio general para todo el tramo estudiado. Por la metodología PCI se obtuvo una clasificación excelente, mientras que por la metodología VIZIR se obtuvo una clasificación buena. Aunque éstas metodologías indican que el pavimento se encuentra en un buen estado, cabe resaltar que los carriles 1 y 2 que conforman la calzada lenta del tramo estudiado necesitan en su mayor parte mantenimiento y en algunos puntos de referencia una rehabilitación total, ya que por estos carriles transitan vehículos de carga pesada y pasajeros.

Sierra y Rivas (2016). Universidad Católica de Colombia, Bogotá - Colombia , en su investigación “Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al Llano (DG 78 BIS Sur – Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa” para optar el título profesional de Ingeniero Civil, estableció como objetivo general observar, evaluar y comparar el empleo de las metodologías VIZIR y PCI en un pavimento flexible en el tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al Llano (Dg 78 bis sur – calle 84 sur) en la UPZ Yomasa , diseño científico de nivel descriptivo, tomando como población a los pavimentos flexibles de la vía Dg 78 Bis Sur con Calle 84 sur en el barrio Yomasa, y una muestra constituida por cada 100 metros, tomando como punto de referencia inicial PR 00+000 y como punto final PR 01+000, se aplicaron instrumento de información bibliográfica y formatos de apunte, concluyeron que en el tramo de vía evaluado PR 00+000 – PR 01+020 en el sector de Yomasa de acuerdo con las mediciones realizadas, los datos obtenidos y la evaluación de las condiciones del pavimento mediante la metodología VIZIR se determinó una calificación de BUENO con un índice de 2 para desperfectos superficiales, y a través del método PCI se obtuvo un índice de condición de 89 estimado como EXCELENTE, lo cual muestra que la vía presenta muy buenas condiciones, por lo cual, no solicita intervención alguna ya que así fueron los resultados sobre el estado del pavimento.

Amado (2015). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá – Colombia, en la tesis titulada “Análisis del sistema de reparación de pavimentos flexibles por inyección neumática de mezclas asfálticas en frío, tecnología velocity patching”, indico como objetivo Analizar y reconocer las características específicas de las reparaciones efectuadas a pavimentos flexibles con el sistema Velocity Patching, teniendo en cuenta el modo de colocación de la mezcla y las propiedades físicas de la misma. Aplicando la metodología experimental. Se obtuvo como resultado que los factores determinantes que debían tenerse en cuenta, es si el sistema cumplía con los estándares de calidad que establece el instituto de desarrollo urbano IDU en las secciones 570-11 (Parcheo Y Bacheo) y la sección 571-13 (Parcheo Mecanizado), en las cuales establecen que deben realizarse controles de Textura empleando cualquiera de los métodos conocidos como por ejemplo el del circulo de arena, asimismo indica que el control de textura se efectuará aleatoriamente sobre los trabajos realizados en cada jornada, pero no indica un valor mínimo o máximo de aceptación. En la cual se llegó a la conclusión que los valores tan altos en la macro textura superficial del parche pueden incidir en el comportamiento funcional del parche generando emisión de ruido, pérdida superficial del agregado y afectar de forma negativa la fricción que se genera entre las ruedas del vehículo y la reparación (parche).

1.2 Antecedentes nacionales

Olivas, R. (2016). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. En la tesis titulada “Aplicación de método empírico mecanístico para la evaluación de probables fallas del pavimento flexible diseñado con AASHTO 93 de la habilitación urbana los anitos- Barranca, 2016”, indico como objetivo evaluar las probables fallas en pavimento flexible diseñado con AASHTO 93 aplicando el método empírico mecanicista, en la habilitación urbana Los Anitos – Barranca, 2016. Aplicando la metodología no experimental. Llegando a la conclusión que el diseño de la estructura de pavimento flexible para el tramo 01 y 02 propuesto para esta investigación presenta un esfuerzo máximo de $\sigma_2 = 69.812$ psi, que se presenta inmediatamente en la superficie de la carpeta asfáltica y debajo del eje del neumático y al aplicarse el método Empírico Mecanicista al diseño de AASHTO 93, se evaluaron dos posibles fallas, el agrietamiento por fatiga debajo de la carpeta asfáltica y el ahuellamiento por deformación permanente en la subrasante. Pero se comprobó que, al evaluarse los espesores de las alternativas para ambos tramos la probable falla que presentarían estos diseños sería el agrietamiento por fatiga.

Huallpa, H. y Estrada, J. (2019) Universidad Peruana Unión. En la tesis titulada “Optimización del diseño de un pavimento alternativo mediante la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para la avenida Circunvalación Este de la ciudad de Juliaca”, indico como objetivo Proponer un diseño racional y económico confiable aplicando el método empírico mecanicista MEPDG con el fin de determinar el desempeño con datos de entrada al nivel 1 en la Av. Circunvalación Este entre el Ovalo Pedro Vilcapaza – Av. Las Américas (progresiva 00+000 hasta 01+000). Aplicando la metodología cuasi experimental. Llegando a la conclusión que con la aplicación del método mecanístico empírico MEPDG para el diseño de pavimento flexible se determina los espesores finales que podría representar el paquete estructural (carpeta asfáltica = 12cm, base granular = 20cm y subbase granular = 20cm y subrasante = 60.00cm) y de la misma forma calcula los modelos de predicción de las fallas que intervendrían una vez puesta en servicio, como son las fallas por fatiga, fisuramientos longitudinales, térmicos, deformación permanente o ahuellamiento e IRI, datos que son relevantes al momento de realizar el diseño del pavimento debido a que nos muestra el desempeño que tendrá dicha vía.

Ya que se le aplica una mayor cantidad de variables directamente de la zona en estudio, por otro lado, el método convencional utilizado AASHTO 93 determina los espesores del pavimento (carpeta asfáltica = 13cm, base granular = 30cm y sub base granular = 20cm), sin analizar cómo será el comportamiento durante todo su ciclo de vida.

Mendoza (2019). Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú, en la tesis titulada “Relación entre los métodos de diseño de Pavimento Flexible Empírico Mecanicista AASHTO 93 y SHELL para determinar la vida útil del pavimento”, fijó como objetivo determinar la relación que existe entre el método empírico – mecanicista AASHTO 93 y el método mecanicista SHELL para determinar la vida útil del pavimento. Usando la metodología descriptiva. Obteniendo como resultado De los indicadores mencionados se aprecia que los parámetros de Shell pueden complementar a los parámetros de AASHTO en un análisis más mecanicista. Dándole la capacidad de evaluar independientemente a su carpeta asfáltica y sus capas granulares, como hemos podido observar en nuestra aplicación de ambos métodos. Llegando a la conclusión al determinar la relación existente entre el método empírico – mecanicista AASHTO 93 y el método mecanicista SHELL se determinó la vida útil del pavimento. En base a la relación de los parámetros de ambos métodos se determinó que ambos se complementan; debido que, mediante la aplicación del método SHELL sobre el diseño de pavimento obtenido por el método AASHTO 93 se modela el deterioro en base a las deformaciones del pavimento que permiten calcular la vida útil.

Vergara (2015). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo – Perú, en la tesis titulada “Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay–Ingenio del km 0+000 al km 1+000”, fijo como objetivo determinar cómo influye en la determinación de la intervención del pavimento, la evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI del tramo Quichuay-Ingenio del km 0+000 al km 1 +000. Usando la metodología descriptiva. Llegando a la conclusión la incidencia de daños determinado por el valor deducido (VD), las fallas estructurales fueron las más incidentes con un 79%, dentro de estas fallas las que más daño causan al pavimento son los baches, como ya se dijo los baches son

fallas estructurales originadas por el mal estado del paquete estructural debido a varios factores, estos baches debido a los niveles altos de severidad y áreas considerables fueron los más determinantes para el resultado de pavimento en estado malo. Por lo tanto, podemos decir que el mal estado estructural del pavimento perjudica considerablemente el estado funcional del mismo.

1.3 Justificación de estudio

La importancia de este proyecto de investigación es validar la relación significativa entre el análisis mecanístico empírico y los criterios de falla de la estructura del pavimento en la av. Metropolitana ubicada en el distrito de Ate, lo cual se basa en la problemática que aqueja a la avenida debido a la construcción de la Línea 2 del Metro de Lima-Callao, ya que esta avenida vendría hacer una vía alterna donde se da el aumento del tránsito y por lo tanto el pavimento se ve afectado de forma crítica. Por ello como finalidad del proyecto respecto a sus variables es proponer en su sustentación dimensiones e indicadores que nos ayudará a identificar la situación funcional en el pavimento. Además, se tendrá que analizar mediante el método mecanístico empírico el estado en que se encuentra el pavimento y los criterios de las fallas estructurales que hacen que este pierda su funcionalidad.

La justificación teórica está en la incorporación de criterios de falla o funciones de transferencia presente en la alternativa del análisis mecanístico empírico lo cual, para llegar a ello se realizará argumentaciones de tesis y bibliografías de temas relacionados a la pavimentación junto a la parte empírica que beneficiará en la recolección de datos numéricos obtenido en el análisis. La información y conocimientos que se formulará respecto a las variables (análisis mecanístico empírico y criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible), es que el estudio mejorara las bases teóricas teniendo una referencia en la aplicación de este análisis para que así, se tenga en cuenta que en la actualidad muchas de las carreteras están deterioradas y esta dificulta el paso adecuado de los vehículos.

La razón de la utilización es el empleo de la nueva metodología del mecanístico empírico, la cual proporciona al diseñador de pavimentos una potente herramienta que mostraría el desempeño del pavimento en su tiempo de servicio mostrando modelos de deterioro y fallas por fatiga.

Los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible se estudiarán con el software KENPAVE para saber que daño a sufrido el pavimento estructuralmente, por otro lado, para conocer la condición de fallas que ha tenido la carpeta asfáltica se estudiara mediante el método PCI. Para consolidar el proyecto se hará la consulta a expertos y para la confiabilidad del instrumento el uso del SPSS.

Respecto a la justificación práctica el empleo del análisis mecanístico empírico permitirá la disminución de tiempos de llegada, el desgaste de llantas, el excesivo consumo de combustible; la invasión de carril, accidentes de tránsito y mejora en el aspecto físico de la avenida, es decir que aportara mayor bienestar a los distritos de Ate y Santa Anita demostrando veracidad en relación de las dos variables estudiadas.

1.4 Formulación del problema

Problema General

¿En qué medida el análisis mecanístico empírico permitirá determinar los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Ate-2020?

Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación entre el análisis mecanístico empírico y el método del PCI en la av. Metropolitana, Ate- 2020?
- ¿Cómo es la relación entre el análisis mecanístico empírico y el factor influyente en la av. Metropolitana, Ate- 2020?

1.5 Hipótesis

Hipótesis General

El análisis mecanístico empírico permitirá determinar los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible para implementar las alternativas de intervención en la avenida Metropolitana Ate- 2020.

Hipótesis Específicos

- El análisis mecanístico empírico se relaciona directamente con en el método del PCI en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.
- Existe una relación dependiente entre el análisis mecanístico y los factores influyentes en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.

1.6 Objetivo

Objetivo General

Determinar en qué medida el análisis mecanístico empírico permitirá implementar las alternativas de intervención con respecto a los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible de la avenida Metropolitana Ate- 2020.

Objetivos Específicos

- Especificar la relación entre el análisis Mecanístico Empírico con el Método del PCI en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.
- Analizar cuál es la relación entre el análisis mecanístico empírico y los factores influyentes en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Pavimento

El pavimento es un elemento estructural que está apoyada en toda la superficie sobre una base del terreno llamada la subrasante de la carretera. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de diferentes espesores (llamado embalaje estructural), que está diseñado para soportar cargas externas durante un cierto período de tiempo (Rodríguez, 2009).

Este pavimento es una estructura de varias capas construidas sobre la subrasante de la carretera para resistir y dispersar la presión causada por los vehículos y mejorar la seguridad y la comodidad del tráfico. Por lo general, consta de las siguientes capas: capa base, capa subbase y capa de rodadura (MTC,2013).

Pavimento flexible

La superficie de rodadura en el pavimento flexible, tiene una menor rigidez, se deforma con mayor intensidad y esto produce mayores tensiones a la subrasante, originando mayor reacción, estas están compuestas por cuatro elementos estructurales (ver Figura N°1). El pavimento flexible se encarga de resistir de forma directa las fuerzas de tránsito vehicular y de esta forma influye en las sollicitaciones funcionales. Esta estructura canaliza los esfuerzos y fuerzas horizontales y parte de los esfuerzos verticales. (MTC, 2013)

a) Elementos estructurales

Los elementos estructurales de un pavimento flexibles son capa asfáltica, capa base, capa de sub base y capa de sub rasante como se muestra en la Figura N°1. Al determinar el diseño de estos elementos estructurales se podrá identificar las fallas que se presentan, por ellos es que a continuación se describirá cada una de ella.

- **Capa Asfáltica.** La capa de desgaste de la superficie de la carretera flexible está compuesta por una mezcla de agregado mineral y material asfáltico, que se ubica en la parte superior de la estructura y se construye sobre la capa base Teniendo como principales funciones: servir de capa

de rodadura uniforme para el tráfico, impermeabilizar la estructura y ser resistente a esfuerzos producidos por las cargas. En la guía AASHTO 93 el uso de la capa de rodadura está representado por un coeficiente, a_1 , para convertir su espesor en un número estructural (SN).

- **Capa Base.** Está construido a nivel de sub base o de subrasante. Su función principal es brindar soporte estructural, generalmente compuesto por agregados triturados, que están conectados por materiales en el lugar de adhesivos. Las especificaciones de la base son más estrictas que las de sub base subyacente en términos de resistencia, plasticidad y gradación. En las pautas AASHTO 93, el uso de la base está representado por el coeficiente a_2 para convertir su espesor en un número de estructura (SN).
- **Capa Sub base.** Está compuesto por una capa granular compactada y sus especificaciones de resistencia, plasticidad y requisitos de grado no son tan exigentes como las de la base. Sin embargo, su calidad debe ser mejor que la de la base. En la Guía 93 de AASHTO, el uso de la capa base está representado por el coeficiente a_3 para convertir su espesor en un número de estructura (SN).
- **Capa Sub-rasante.** Se define como la capa que se apoya la estructura del pavimento, es decir que corresponde al terreno de fundación sobre la cual vamos a construir nuestro pavimento.



Figura 1. Componentes del pavimento flexible.

b) Tránsito vehicular

En la actualidad, la demanda de tráfico de vehículos en Lima está aumentando considerablemente, por lo que se debe enfatizar el mantenimiento de las carreteras antes del colapso.

El tráfico genera cargas que soportará la acera. En cuanto al diseño de la acera, nos interesa conocer el tamaño de estas cargas, la presión de inflado de los neumáticos, el área de contacto, su disposición en el vehículo, la frecuencia de repetición y velocidad de la carga.(Humpiri, 2015).

La "Guía de diseño AASHTO 93" establece un eje con una sola carga de 18,000 libras bajo una presión de inflado de 80 psi, que se denomina carga uniaxial equivalente (ESAL) o carga uniaxial equivalente. El factor de equivalencia de carga se utiliza para convertir diferentes tipos de ejes a ESAL. El factor de equivalencia de carga se define como el número de repeticiones de un solo eje con una carga equivalente de 18000 lb que causa daños causados por una sola aplicación de una configuración específica. (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2014).

Tabla N°1: Rango de tráfico para caminos pavimentados

Tipos de tráfico	Rango de tráfico pesado
Tp5	> 1000,000 EE ≤ 1 500,000 EE
Tp6	> 1 500,000 EE ≤ 3 000,000 EE
Tp7	> 3 000,000 EE ≤ 5 000,000 EE
Tp8	> 5 000,000 EE ≤ 7 500,000 EE
Tp9	> 7 500,000 EE ≤ 10 000,000 EE
Tp10	> 10 000,000 EE ≤ 12 500,000 EE
Tp11	> 12 500,000 EE ≤ 15 000,000 EE
Tp12	> 15 000,000 EE ≤ 20 000,000 EE
Tp13	> 20 000,000 EE ≤ 25 000,000 EE
Tp14	> 25 000,000 EE ≤ 30 000,000 EE
Tp15	> 30 000,000 EE

Fuente: Manual suelos y pavimentos MTC 2014

c) Calidad de materiales

El material que constituye la capa de subrasante de la carretera o autopista es importante en el rendimiento y el espesor requerido del pavimento flexible. Por ello, es necesario determinar las propiedades del material, lo cual se consigue aplicando todos los conocimientos de mecánica de suelos, pues el firme de la carretera pertenece al ámbito profesional. Se trata no solo de tierra y calzadas, sino también de la naturaleza de las calzadas y calzadas, las características mecánicas e hidráulicas constituyen una parte importante del problema de pavimentación.

Las propiedades esenciales de los materiales que suelen formar parte de la estructura de la acera deben determinarse mediante pruebas de laboratorio con cargas repetidas.

2.1 ANÁLISIS MECANÍSTICO EMPÍRICO

“La metodología de diseño Mecanístico Empírico de pavimentos se basa en modelos matemáticos que simulen la configuración estructural del pavimento, este modelamiento permite determinar la condición de esfuerzos y deformaciones generados debido a cargas de vehículos y condiciones ambientales.” (Yovera, 2015, p.24).

Entonces se puede decir que la aplicación mecánica estructural del pavimento nos permite dar la respuesta de estos elementos, que son usadas en los modelos Empíricos, para calcular el deterioro en su vida útil, en vista de que los modelos Mecanístico Empíricos aún dependen de los modelos Empíricos para predecir el desempeño del pavimento en función de las respuestas estructurales calculadas y las propiedades del material.

El procedimiento del método mecanístico empírico consiste en elegir un diseño de prueba y luego analizarlo en detalle para resolver si cumple con los criterios de desempeño establecidos o si requiere modificaciones. Si el diseño de la prueba no cumple los criterios de desempeño, el diseño se modifica,

volviéndose a analizar hasta que el diseño cumpla con los criterios mencionados.

De acuerdo con la "Guía de Diseño Empírico-Mecánica de Pavimentos" (MEPDG), las ventajas que nos permiten realizar análisis mecánicos empíricos son la adaptabilidad a los tipos de carga cambiantes, un mejor uso de los materiales disponibles, combinado con las capacidades de los nuevos materiales de diseño y un mejor comportamiento. En cuanto a la fiabilidad de la predicción, se mejora la definición de las características de cada capa del pavimento existente, pudiendo adaptarse al impacto del entorno y la edad en los materiales del pavimento. (AASHTO, 2008).

Según Riffo (2013) nos indica, que el método considera el diseño de estructuras de pavimentos nuevos y rehabilitados basado en los principios mecanístico con aportes empíricos. La herramienta computacional MEPDG permite calcular las tensiones y deformaciones en la estructura, bajo condiciones de tránsito, clima y propiedad de materiales. [...]. La metodología MEPDG considera niveles jerárquicos de las variables y parámetros de entrada a partir de la fuente de información y los errores asociados a la obtención de esta.

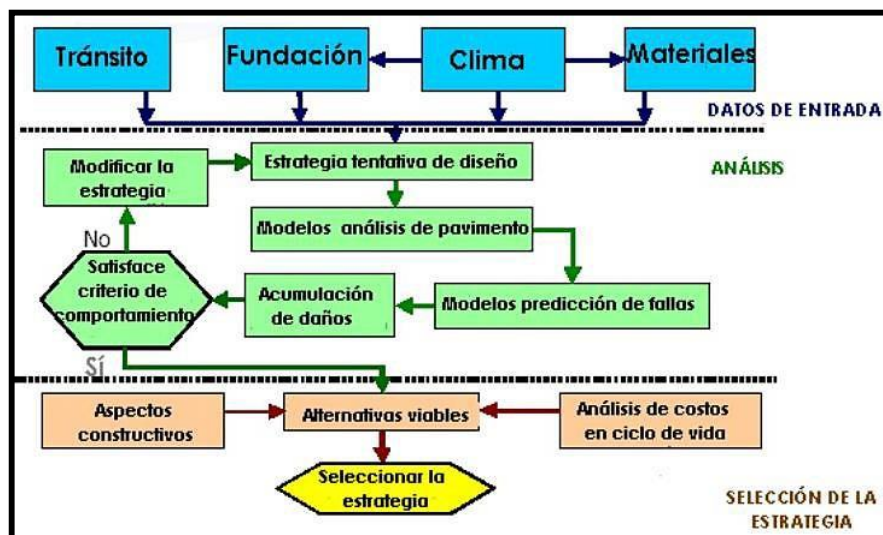


Figura 2. Proceso de diseño del método mecanístico empírico en pavimento flexible

Para calcular el daño incremental del pavimento se tiene que seguir un debido procedimiento a través de indicadores de desempeño como lo muestra la Figura N°3.

2.1.1 CONDICIONES INICIALES

Según Jaña (2016). Para las condiciones iniciales del principio de la mecánica empírica MEPDG, la teoría lineal solo requiere dos parámetros del material, a saber, el módulo de elasticidad (E) y la relación de Poisson (ν). Estos dos parámetros son fáciles de medir, pero de hecho cada tipo de material es similar porque se pueden usar valores comunes. El valor está en el rango de 0.3-0.4, y se puede encontrar el valor típico del módulo de elasticidad, como se muestra en la Figura N ° 3, que especifica el coeficiente estructural de cada capa.



ESTRUCTURA	CAPA	ESPESOR	REL POISSON	MÓDULO RESILIENTE
	CAPA ASFÁLTICA	10 cm	0.35	650 000 PSI
	MDC - 19			
	BASE GRANULAR	20 cm	0.4	45 515 PSI
	BG-2			
	SUBBASE	30 cm	0.45	21 335 PSI
SBG-1				
	SUBRASANTE FINA		0.5	8 043 PSI
	MH			

Figura 3. Coeficiente estructural por capa

- Configuración de Ejes

Para estandarizar el estudio, se debe utilizar el eje equivalente recomendado por las directrices AASHTO 93. Este tiene una configuración de eje simple con una carga de 18,000 lb y una presión de llanta de 80 psi, que se considera como 1 unidad de daño en el pavimento.

La presión de contacto entre la llanta y la acera será igual a la presión de aire en la llanta La Figura N ° 4 muestra la presión baja, se puede considerar que la presión más alta en la llanta ocurre en el centro de la llanta. Se puede suponer que la presión de contacto es uniforme en toda el área de la banda de rodadura del neumático.

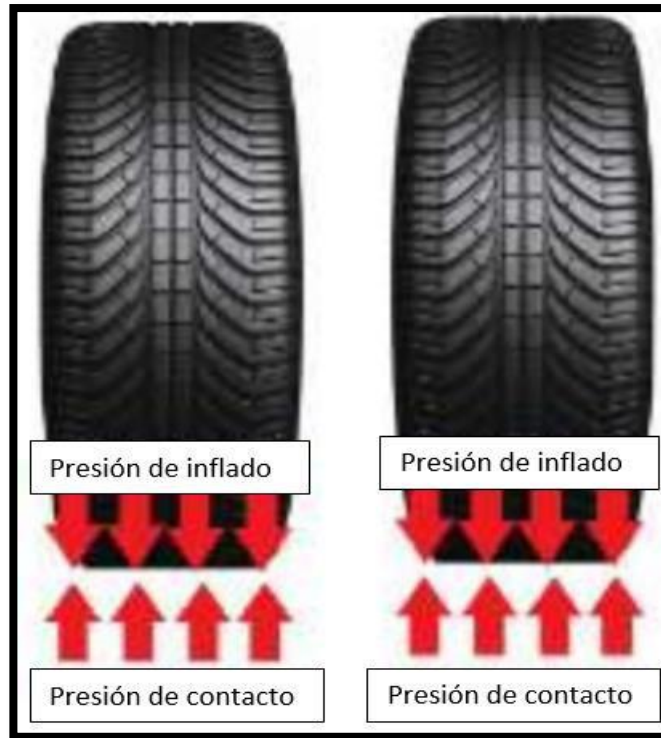


Figura N°4: presión de inflado y contacto de la llanta

Por otro lado en Pavement Analysis and Design nos muestra la configuración del eje equivalente propuesto por la guía de diseño AASHTO 93, en la figura N°4 se muestra la presión de la llanta, el contacto de la rueda doble para un eje equivalente de 80 psi y los puntos críticos de la aplicación de una carga para el análisis de deformación.

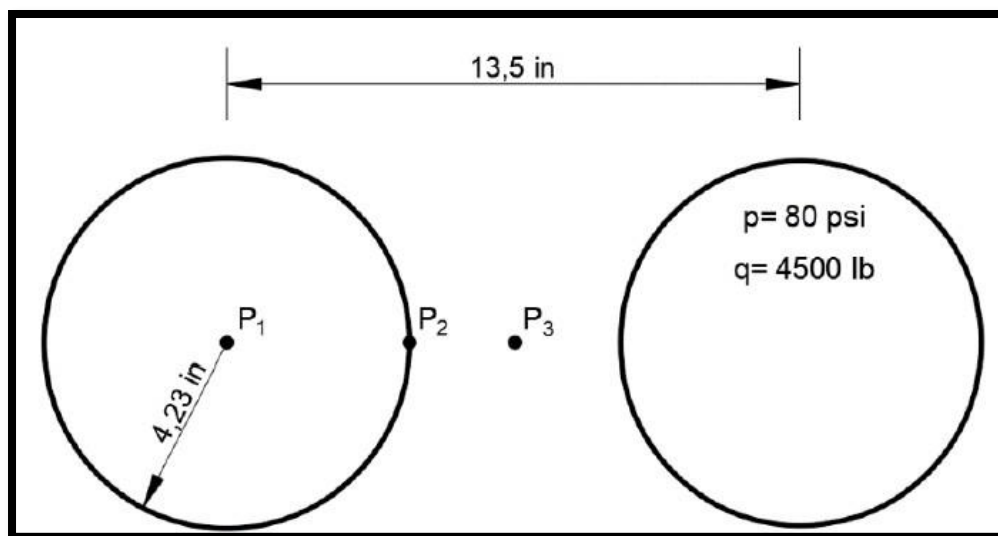


Figura N°5: Distancia, presión, contacto y puntos críticos de la rueda

- **Modelo de deterioro con el análisis Mecánico Empírico**

Los modelos de deterioro en el método mecánico empírico son ecuaciones empíricas las cuales determinan las causas del daño estructural en el pavimento, por los esfuerzos y las deformaciones críticas que se obtienen de un modelamiento estructural, el enfoque de un sistema elástico multicapa, presentan dos tipos de falla en la estructura del pavimento.

- **Agrietamiento por fatiga en la fibra inferior de la carpeta asfáltica.**

$$N_f = f_1(\varepsilon_t)^{-f_2}(E)^{-f_3}$$

Donde:

N_f : Número de repetición admisible para prevenir agrietamiento por fatiga

ε_t : Deformación unitaria por tensión en la fibra interior de la capa más profunda sujeta al asfalto (pulgada)

E : Modulo de elasticidad de carpeta asfáltica

f_{1,2,3} : Coeficiente obtenidas del instituto de asfalto (f₁ = 0.0796, f₂ = 3.291, f₃ = 0.854)

- **Ahuellamiento por deformación permanente de la subrasante.**

$$N_d = f_4(\varepsilon_c)^{-f_5}$$

Donde:

N_d : Número de repetición admisible para prevenir el ahuellamiento.

ε_c : Deformación unitaria por comprensión en la parte superior de la subrasante (pulgada).

f_{4,5} : Coeficiente obtenidas del instituto de asfalto (f₄ = 0.0796, f₅ = 3.291)

El ahuellamiento por deformación permanente de la subrasante es una falla funcional que está asociada a las repeticiones de carga causando así una falla permanente en la subrasante.

Estos criterios dependen de la tolerancia la cual establece sus parámetros en función al grado de importancia de la vía. Así mismo presentan consideraciones que se tiene en la teoría elástico multicapa que propone el Pavements Analisis and Desing-Second Edition, Yang H. Huang 2003.

Por consiguiente, el agrietamiento de fibra inferior de la capa de rodadura y el ahuellamiento de fibra superior de la capa de subrasante, se evalúa como un cociente donde un mayor menor a 1mm da el significado de falla prematura de la estructura del pavimento.

$$\frac{N}{N_f} > 1$$

Donde:

N : número de repeticiones aplicadas

2.1.2 EVOLUCIÓN DE DETERIOROS

Tipos de fallas

“Acortando el tiempo de vida de la autovía por motivos de uso y medio ambiente. Es admisible que, al paso del tiempo, los impactos ambientales y el uso de algunos elementos de la carretera muestren deformidades y desgaste y no sean simplemente imposibles de evitar. Por regla general, estos solo ocurren en la superficie de rodadura (deterioro superficial). Cuando se lleva a cabo la preservación, este evita que el deterioro se convierta en falla.” (Rubio, 2011, p. 14).

Hoy en día tenemos diversos deterioros que se encuentran en las avenidas o carreteras, aparte de ser diferentes en sus partes que las constituyen y su subsistencia son muy diferente entre ellas; para los deterioros no solo se desarrolla una inspección visual, si no, también va agregado un análisis ya que de esta forma se puede hacer un diagnóstico definitivo y bien elaborado.

Dentro de estos tipos de fallas superficiales se encuentran los siguientes:

- Piel de cocodrilo

Según Vasquez, Luis (2002) El defecto de piel de cocodrilo es una serie de grietas interconectadas que forman pequeños polígonos irregulares con ángulos agudos en la superficie de la carretera y cuyo lado mayor no supera los 0,60 m. Junto con el estrés repetitivo (fatiga), estas grietas aparecen solo en áreas expuestas al estrés del tráfico (principalmente huellas de canalización). Por lo tanto, rara vez cubre toda la superficie de la carretera.

Las posibles causas son por la insuficiencia del espesor y resistencia del pavimento, también por la fatiga de las mezclas asfáltica bajo cargas repetidas.

En la Figura N°6 se evidencia una foto de Falla tipo Piel de cocodrilo que fue tomada en la Av. Metropolitana, en ella se muestra las grandes series de fisura que son característico de este tipo de falla.



Figura 6. Fallas tipo Piel de cocodrilo en la Av. Metropolitana.

- Parches deteriorados

“Los procedimientos de parcheo corresponden a áreas donde se retira el pavimento original y se reemplaza con materiales similares o diferentes para reparar la estructura (a la altura del asfalto o incluso pavimento granular) o para permitir la instalación o reparación de una red de servicios (agua, gas, etc.).” (Miranda, 2010, p. 12).

Como se indica los parches son áreas cubiertas donde el pavimento sufrió un deterioro o desgaste y son cubiertos con un material similar al original para de esta manera generar una reparación provisional.

La razón más común es que solo cubre el área afectada sin resolver las razones obvias que causaron el área en primer lugar y alguna insuficiencia en el proceso de construcción, nosotras al realizar la inspección a la avenida Metropolitana notamos este tipo de falla ya que se hacen recurrentemente reparaciones superficiales como se muestra en la Figura N° 7 y no el daño que la causa.



Figura 7. Deterioro en parches de un pavimento flexible.

- Baches por fallas estructurales

Se genera al desprenderse mezcla asfáltica y se presenta como una cavidad redondeada, así como se muestra en la Figura N° 8. Para que sea denominada como bache por lo menos una de sus dimensiones cierto mínimo debe tener de 150 milímetros.



Figura 8. Baches de un pavimento flexible.

- Ahuellamiento

"Es una depresión en la zona ubicada sobre el recorrido de la llanta del vehículo. Suele ir acompañada de alzas y fisuras en zonas adyacentes de la zona empotrada. Los surcos severos pueden causar daños estructurales a la acera y hacer que la hidroala se forme a través del almacenamiento de agua.." (Panta Campos, 2017, p.37). Para poder identificar mejor esta falla ver la Figura N°9.

La causa común se debe a la deformación permanente de determinados mantos de la subrasante, que se debe a la fatiga estructural provocada por cargas repetidas y deformación plástica del pavimento asfáltico.



Figura 9. Ahuellamiento en pavimento flexible.

- Deformación transversal

Las grietas por desplazamiento son causadas por la falta de adherencia entre el respaldo y la superficie de la almohadilla. Cuando la liga no está regada, la adherencia suele ser insuficiente (ver Figura N ° 10). En la mayoría de los casos, esto se debe a una compactación deficiente que hace que se rompa la unión entre la carpeta inferior y la carpeta de la superficie. Las razones más comunes son; defectos de construcción, estructura deficiente del nivel de licitación de la subrasante y drenaje insuficiente.



Figura 10. Deformación transversal de un pavimento flexible.

- Ondulaciones

Este es un deterioro característico por la presencia de olas en la superficie de la acera, que suelen ser perpendiculares al sentido de marcha del vehículo, la longitud de la cresta suele ser inferior a 1 metro (ver Figura N ° 11). Las razones más comunes; mala calidad del asfalto, disminución de la estabilidad de la mezcla de asfalto y compactación excesiva del cojín de asfalto.. Miranda (2010)



Figura 11. Ondulaciones de un pavimento flexible.

- Grietas de borde

La grieta del borde es paralela al eje de la carretera y la distancia desde el borde exterior de la acera suele ser de 0,30 a 0,60 m (ver Figura N ° 12). Esta falla se acelera por las cargas del tráfico y es posible que se deba a las condiciones climáticas de la extenuación de la base o lecho de la carretera cerca del borde de la acera, o debido a la falta de soporte lateral o incluso a un terraplén construido con materiales expandidos.



Figura 12. Grietas de borde en la Av. Metropolitana.

2.2 CRITERIOS DE FALLA DE LAS ESTRUCTURAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

El criterio de falla es un método de formación de ecuaciones para calcular el número de ciclos de carga necesarios para lograr la falla del pavimento, estas ecuaciones se obtienen observando el comportamiento del pavimento y correlacionando el tipo y extensión del daño observado. (Sánchez, 2016, p. 73).

2.2.1 Método del pavement condition index (PCI)

Para Medina y de la Cruz (2015), señala que mediante este método obtendremos un índice, el cual va a tener una variación que va desde cero, cuando sea un pavimento fallado, hasta la cifra de cien cuando se trate de un pavimento en estado excelente. Esta metodología contempla distintos rangos, quienes tendrán su propia descripción cualitativa del estado en que se encuentra la infraestructura (p.64). Donde se incluye un “valor deducido” para determinar cuál es el rango de condición disminuida debido a la densidad y severidad de los deterioros. Además, estas anotaciones de las observaciones establecerán el mejor plan de mantenimiento.

Así mismo, según Rodríguez (2009) este método es un conjunto de procedimientos con el fin de determinar en qué estado se encuentra el pavimento evaluado por medio de una inspección, donde se va a identificar la clase, severidad y densidad según las fallas halladas, realizando los pasos de este método de fácil desarrollo y el cual no necesita de herramientas sofisticadas, ya que, hace una medición indirecta (p.27).

–Índice de condición del pavimento:

PCI es un índice digital que se utiliza para obtener el valor del desnivel de la calzada (capa de rodadura) y sus condiciones de funcionamiento. Los niveles numerados de PCI van desde 0 para carreteras averiadas hasta 100 para carreteras en buen estado. La siguiente tabla muestra la gama PCI y la correspondiente descripción cualitativa de las condiciones de la carretera.. (Zevallos, 2018)

–Grado de condición del pavimento:

Para Leguía y Pacheco. Se refiere a la descripción cualitativa en que se encuentra el estado del pavimento, de acuerdo al valor que se halla en la escala numérica, y puede ser “falla” hasta “excelente”, (2016) así como lo detalla la Figura N°13.

Rango PCI %	Color	Estado
0-10	Grigio	Falla
11-25	Naranja	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

Figura 13. Escala de calificación y colores sugeridos PCI- ASTM D6433-07.

2.2.2 Factor influyente en el deterioro del pavimento

a. Conocimiento de la demanda

Para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos del sistema vial, incluido el diseño de aceras y plataformas viales, la demanda del tráfico es un aspecto fundamental que los ingenieros deben comprender con relativa y suficiente precisión.

La investigación de tráfico debe proporcionar información de índice diario promedio anual (IMDA) para cada segmento de la carretera objeto de la investigación. Para cada parte, además de los requisitos de volumen actual, también es necesario conocer la clasificación por tipo de vehículo (MTC, 2013).

b. El Índice Medio Diario Anual (IMDA)

IMDA es la cantidad estimada de tráfico de vehículos en una determinada parte de la red de carreteras en un año. IMDA es el resultado de la cantidad de clasificaciones in situ y de vehículos en una semana, y un factor de utilización utilizado para estimar el comportamiento anualizado de pasajeros y carga (MTC, 2018).

El IMDA se obtiene de la multiplicación del Índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el Factor de Corrección Estacional (FC) mediante la siguiente ecuación:

$$IMDA = IMDS * fc$$

Donde:

IMDS: representa el Índice Medio Diario Semanal o Promedio de Tráfico Diario Semanal

FC: representa el Factor de Corrección Estacional

El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la red vial durante 7 días.

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

Donde:

Vi: Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo volumétrico.

Es necesario analizar la determinación de la estacionalidad del caudal para definir el tiempo de medición y levantamiento, y para expandir o predecir el caudal, y de esta manera expresar el caudal en el caudal medio diario anual (IMDA) para eliminar picos altos y bajos .

III- METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

La investigación que se desarrolla es de tipo **básica descriptiva** porque según Alfaro (2012) Establece que la investigación básica (también llamada investigación pura o investigación básica) busca el progreso científico y aumenta el conocimiento teórico sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o resultados prácticos; más formal, persigue la generalización para desarrollar teorías basadas en principios y leyes (p.18), la presente investigación es de tipo básica, porque se intenta acrecentar el conocimiento teórico sobre el análisis mecanístico empírico y favorece a los criterios de falla a las estructuras de un pavimento flexible, dando como resultado una forma establecida y ordenada de estar al tanto de la realidad.

Diseño y enfoque de investigación

Parella y Martins (2013). Nos La definición de diseño no experimental se refiere a un diseño realizado sin manipulación deliberada de variables. Los investigadores no tienen la intención de sustituir variables independientes. Observar y analizar los hechos en el entorno real y cuando los hechos se presentan o no se presentan en determinados momentos. Por tanto, en este diseño no se establece una situación concreta, sino que se observa la situación existente. (pág. 87). Por lo cual está presente investigación es de diseño no experimental y enfoque **cuantitativo**.

Nivel y corte de investigación

Hernández (2014, p. 126). Señala que los estudios correlacionales dan a conocer con mayor exactitud el nivel de relación que se da entre dos o más variable, además de contener diversos aspectos de conceptos o evaluaciones en un solo estudio de investigación según la naturaleza.

Entonces nuestra investigación es de **corte transversal**, ya que los cálculos elaborados en campo serán evaluados en un único y determinado periodo de tiempo realizado mediante la observación. El nivel es correlacional porque tiene como propósito medir el nivel de relación que existe entre las variables en el momento determinado.

3.2 Variables y Operacionalización

Variables

Alfaro (2012, pág. 50) nos dice que La investigación se realiza en torno a variables, porque el propósito de la investigación científica es descubrir la existencia y el tamaño de las variables y probar la relación entre ellas. Esto significa que después de que el investigador ha hecho una descripción clara y científica del objeto de investigación, descrito el objeto. Esta declaración consta de dos elementos.

Tipos de Variables

Borjas (2012, p.23) Indica que para el caso de proyectos si se quiere probar la correlación que existe entre dos características de estudio o demostrar su relación existente entre los dos tipos de variables entonces deben ser variable independiente (X): Produce el antecedente de la dependiente y Variable dependiente (Y): Resultado de la acción de la independiente.

Entonces para nuestra investigación se realiza la determinación de las variables, dimensiones e indicadores como se muestra en la tabla N° 1, obteniendo así: Variable independiente (X): Análisis Mecánico Empírico y variable dependiente (Y): Criterios de falla de Las estructuras del pavimento Flexible.

Tabla 1. Matriz de consistencia

ANÁLISIS MECANÍSTICO EMPÍRICO Y CRITERIOS DE FALLA DE LAS ESTRUCTURAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. METROPOLITANA, ATE-2020					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	ANÁLISIS MECANÍSTICO EMPÍRICO	Condiciones iniciales	Elementos estructurales
¿En qué medida el análisis mecanístico empírico permitirá determinar los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Ate- 2020?	Determinar en qué medida el análisis mecanístico empírico permitirá implementar las alternativas de intervención con respecto a los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible de la Av. Metropolitana Ate- 2020.	El análisis mecanístico empírico permitirá determinar los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible para implementar las alternativas de intervención en la av. Metropolitana Ate- 2020.			Cargas estructurales
					Calidad de materiales
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos		Evolución de deterioros	Tipo de fallas
¿Cuál es la relación entre el análisis mecanístico empírico y el método del PCI en la av. Metropolitana, Ate- 2020?	Especificar la relación entre el análisis Mecanístico Empírico con en el Método del PCI en la Av. Metropolitana, Ate- 2020.	El análisis mecanístico empírico se relaciona directamente con en el método del PCI en la av. Metropolitana, Ate- 2020.	CRITERIOS DE FALLA DE LAS ESTRUCTURAS	Método del pavement condition index (PCI)	Índice de condición del Pavimento
¿Cómo es la relación entre el análisis mecanístico empírico y el factor influyente en la av. Metropolitana, Ate- 2020?	Analizar cuál es la relación entre el análisis mecanístico empírico y los factores influyentes en la av. Metropolitana, Ate- 2020.	Existe una relación dependiente entre el análisis mecanístico y los factores influyentes en la av. Metropolitana, Ate- 2020.			Grado de condición del pavimento
				Factor influyente	Índice medio diario anual (IDMA)

Fuente: Elaboración propia

3.3 Población, muestra y muestreo

- Población

Alfaro (2012) nos indica que la población es un conjunto de elementos constituidas por una o más características, que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación (p. 52). Por lo tanto, la investigación a desarrollar estudia como población a los 3 km de la Av. Metropolitana, que enlaza villa Tagore hasta la Av. cultura en el distrito de Ate, este nos ayudara a identificar los tipos de fallas que presenta la carpeta asfáltica por el método del PCI y auscultación visual.

En la figura N°14 se puede observar la ubicación geográfica de la vía que será sometida a evaluación para la determinación de fallas al pavimento flexible.



Figura 14. Lugar de evaluación- Ubicación geográfica.

- Unidades de muestra

Borja (2012, p. 31) nos dice que las unidades de muestra como partes en que se divide un grupo con el propósito de recaudar datos demostrativos de la población.

Entonces el área de muestreo tiene que estar entre 230 ± 93 m². Por lo cual la Av. Metropolitana siendo una infraestructura de pavimento flexible, posee un ancho de 7.00 m y una longitud de 3000.00 m; entonces, mediante la tabla 4 se escoge la longitud de la muestra siendo 31.5 m. por lo cual, la longitud de la autopista se divide entre la longitud de la muestra.

Tabla 2. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas

Ancho de calzada (m)	Longitudes de la unidad de muestreo(m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: Manual del PCI

El ancho de la calzada de la avenida metropolitana del distrito de Ate es de 7.30m. Por lo tanto, de acuerdo a la tabla de longitud de unidad de muestreo nos corresponde $L = 31.5$ m. Con estos valores obtenemos el área de unidad de muestras $A = 229.95$ m.

Entonces : $N = \frac{3000}{31.5} = 94.96$ dando como resultado 94.96 unidades de muestra.

Donde:

N : tamaño de población

- **Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación del Método pavement condition index (PCI)**

En la "evaluación de la red", puede haber una gran cantidad de unidades de muestreo, y su solicitud requiere mucho tiempo y recursos, por lo que el proceso de muestreo es necesario.

Se deben verificar todas las unidades; sin embargo, si no es posible, el número mínimo de unidades de muestreo que se deben evaluar se obtiene mediante la ecuación para obtener una estimación del valor promedio real de PCI ± 5 , con una confiabilidad del 95%. La determinación de unidades de muestreo para la evaluación se empleará la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N_s}{\left(\frac{e}{4}\right) * (N - 1) + \sigma}$$

$$n = \frac{94.96 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (94.96 - 1) + 10^2}$$

$$n = 13.81 = 14$$

Donde:

N: Número mínimo de unidades de muestreo.

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

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

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.



Figura 15. Especificación de las unidades de muestreo en el lugar de evaluación

En la figura N°15 se especifica las unidades de muestreo halladas según el manual del índice condición del pavimento (PCI), estas unidades se determinan según la longitud de la vía a evaluar y el ancho de calzada.

- Selección de las unidades de muestreo para la inspección

El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la ecuación:

$$i = \frac{94.96}{14}$$

$$i = 6.78 = 6$$

Donde:

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

n: Número mínimo de unidades de muestreo

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior

Tabla 3: Unidades de Muestreo

N° MUESTRAS	1	2	3	4	5	6	7
Intervalo De UM	UM 01	UM 07	UM 13	UM 19	UM 25	UM 31	UM 37
N° MUESTRAS	8	9	10	11	12	13	14
Intervalo De UM	UM 43	UM 49	UM 55	UM 61	UM 67	UM 73	UM 79

Fuente: Elaboración propia

- **Determinación de las unidades de muestreo para el aforo vehicular**

Así mismo, para determinar la muestra del aforo vehicular se aplicó el conteo vehicular en un periodo de 7 días; con la finalidad de hallar la muestra representada por el número de vehículos que transitan diariamente en dicha autopista.

Selección de las unidades de muestreo para la cantidad de vehículos

Para conocer la cantidad de vehículos tanto ligeros y pesados que transitan en la vía auxiliar de la av. metropolitana, se realizó el cálculo aplicando las siguientes fórmulas:

$$IMD_S = \sum V_i / 7$$

Donde:

IMD_S : Índice Medio Diario Semanal.

V_i : Volúmen vehicular diario de los 7 días de la semana.

- Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMD_A)

Este cálculo se determina a partir del *IMD_S* y del Factor de Corrección Estacional (FC), como se muestra en la siguiente fórmula:

$$IMD_A = FC \times IMD_S$$

El factor de corrección estacional fue proporcionado por Pro vías Nacional, el cual brinda un *FC = 1.075789* para vehículos ligeros y un *FC = 0.975315* para vehículos pesados, de tal forma el producto fue multiplicado por los 365 días del año 2019, teniendo como muestra:

n = 11 441 084.00 (once millones cuatrocientos cuarenta mil ochenta y cuatro) entre vehículos ligeros, pesados y especiales.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Técnicas de recolección de datos

Borjas (2012, p. 33) nos dice al respecto que, para recaudar toda la información de campo, se debe de explicar las técnicas y demostrar los formatos a emplear en la tarea, de la misma manera es para el caso que presenten proyecto de ingeniería.

Para la recolección de datos de esta investigación se tomará en cuenta las siguientes técnicas:

- Observación: Se empleará la observación inicial, porque es lo primero que se realizará para la evaluación del pavimento flexible en estudio y la evaluación detallada para la recolección de datos.
- Bibliografía: Se tomará en cuenta para la teoría los textos existentes basados en los conceptos principales de las variables.

- **Instrumentos de recolección de datos**

Se refiere a los medios que se empleara para recolectar información. El instrumento que se utilizara para las variables de esta información es:

Hoja de registro: Es el formato de evaluación mediante el método del PCI, en la cual se recolectarán datos para evaluar el pavimento a analizar.

- **Validez y confiabilidad del instrumento**

Validez

Hernández Roberto, Fernández Carlos y Baptista María. (2010, p. 201), indica que “Se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir”. Entonces para el proyecto se evidenciará la validez a través de juicio de expertos, quienes determinaran que los formatos son aceptables, mostrando congruencia, amplitud de contenidos, tamaño de la muestra, precisión de los indicadores, excelente ortografía y por último la adecuada presentación.

Tabla 4: Validez por juicio de expertos de los formatos de estudios.

APELLIDOS Y NOMBRES	REGULAR	BUENA	ACEPTABLE	EXCELENTE
Ing. Mecha Venegas, Manuel Leonel				X
Ing. Bautista Naupari, Jesús Cristian				X
Ing. Tacza Zevallos, John Nelinho			X	
Ing. Martinez Curi Aracely Anai				X

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla n°4 se evidencia la validez a través de juicio de expertos, quienes determinaron que los formatos son aceptables y excelentes, mostrando congruencia, amplitud de contenidos, tamaño de la muestra, precisión de los indicadores, excelente ortografía y por último excelente presentación.

– Confiabilidad

Valderrama (2013, p. 215) nos dice que “Un instrumento es confiable o fiable si produce resultados consistentes cuando se aplica en diferentes ocasiones”.

Para la confiabilidad del estudio al pavimento flexible en la av. metropolitana se utilizará la guía del MTC como un medio que nos permita tener certeza en la metodología y el programa SPSS para obtener resultados contundentes.

Para la confiabilidad, se realizó la prueba piloto consignado en 5 días en la avenida que es parte de la muestra de estudio, cuyo resultado fue lo siguiente:

Tabla 5: Prueba de confiabilidad del Alfa de Cronbach.

INSTRUMENTO	ALFA DE CRONBACH	N° DE ELEMENTOS
Hoja de registro	0.856	14
Formato de aforo vehicular	0.751	2

Fuente: Reporte del SPSS24

Según (George y Mallery 2003) podemos determinar que el instrumento de la hoja de registro se encuentra en el rango de 0.9-0.8 lo cual se identifica como bueno y el formato de aforo vehicular entre 0.8-0.7 como aceptable. Entonces los instrumentos de investigación son confiables para su uso en nuestra investigación.

3.5 Procedimientos

En el procedimiento para el estudio de las capas del pavimento flexible de la av. metropolitana se trabajará con el software KENPAVE para determinar a qué nivel y tipo de falla se encuentra la estructura del pavimento.

Seguidamente se recolectará los datos para trabajar mediante el método del PCI utilizando las hojas de registro para cada tipo de falla existente en el pavimento flexible de la av. Metropolitana a estudiar, luego de ello trabajar con los valores deducidos y obtener el valor corregido que nos dará como resultado el índice y grado de condición de pavimento.

También se trabajará con el programa software estadístico SPSS24, en el que se aplicó la prueba de normalidad que lleva a verificar los datos reales de una distribución. Este programa es reconocido para la eficacia y capacidad de trabajar con una gran cantidad de base de datos de manera ordenada y reemplazados al mismo orden para así considerar tal circunstancia que sea asociada negativa o positiva, siendo esta cero no correlación, pero no independencia.

Para finalizar se utilizará el software Excel para aplicar las tablas y gráficos dinámicos que representan el flujo vehicular de la Av. Metropolitana.

3.6 Método de análisis de datos

Para la investigación, el análisis de datos se recolecto en campo con la metodología PCI a través de hojas de registro con el software Excel que fue elaborado por el manual del PCI, para esto se tomó en cuenta el área donde se realizara la inspección visual, siendo el producto a la multiplicación de la calzada por la longitud de la muestra. A lo largo del tramo de estudio se ubicó los tipos de falla, la severidad y cantidad de estos, para así obtener un resultado total de fallas que existen en el pavimento.

- En Campo: Se rellena el formato de recolección de datos que se muestra en la Figura N°16 en la zona de estudio según el Método PCI, mediante el siguiente proceso, primero se ubica las fallas a lo largo de tramo, luego, se clasifican según su tipo, severidad y cantidad, para finalmente obtener el total de las fallas presentes en cada unidad de muestra.

HOJA DE REGISTRO									ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av.Metropolitana- Ate					UNIDAD DE MUESTRA: UM-01						
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado					ÁREA: 229.95 m2						
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo					FECHA: 27/09/2020						
1.Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Deslizamiento								
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Pulimientos y agregados	17. Grietas parabólicas o por deslizamiento								
3.Fisuras de bloque	8. Fisura de Reflexión	13. Huecos-Baches	18. Hinchamiento								
4.Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel de carril- berma	14. Cruce de Via Ferrea	19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados								
5. Corrugación	10. Fisura transversales y longitudinales	15. Ahuellamiento									
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
10	L	0.50	0.70	0.70	0.60			2.50			
19	H	3.30	5.60					8.90			
13	L	1.00	1.00	1.00				3.00			
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00			
19	M	4.90						4.90			
									TOTAL VD	0	

Figura 16. Hoja de registro de los datos en Campo de la Unidad de Muestra 01

- En gabinete: Para cada unidad de muestra, se determina la condición del pavimento según el siguiente proceso:

Unidad de muestra:

UM-01 La unidad de muestra UM-01 es el inicio del Tramo en Estudio, la cual, tiene un largo de 31.5 m y un ancho de carril de 7.3 m.

Las fallas encontradas con nivel de severidad Low (Bajo) fueron: Grietas Longitudinales / Transversales y Huecos; las fallas encontradas con nivel de severidad Medium (Medio) fueron: Huecos y Meteorización / Desprendimiento de agregados; y las fallas encontradas con nivel de severidad High (Alto) fueron: Huecos y Meteorización / Desprendimiento de agregados. Una vez determinadas las fallas presentes en la UM-01, se calcula la densidad de cada tipo de falla, la cual resulta de la división del metrado total del tipo de falla entre el área total de cada unidad de muestra. Por ejemplo, para la falla Grietas Longitudinales / Transversales y nivel de severidad Low, 10L, con un total de 2.5 ml en la muestra, la densidad se calculó de la siguiente forma:

$$Densidad (\%) = \frac{2.5}{229.95} * 100\% = 1.1\%$$

Después, con los valores de la densidad, obtuvimos los valores deducidos de cada tipo de falla, según las curvas que corresponden al Pavimento Flexible presentes en el Manual Pavement Condition Index (PCI). Por ejemplo, para la combinación 10L, se ingresó a la curva de Valores Deducidos de la Figura N°17 con los valores obtenidos de densidad (1.09%) y un nivel de Severidad L se consiguió el Valor Deducido de 0.1.

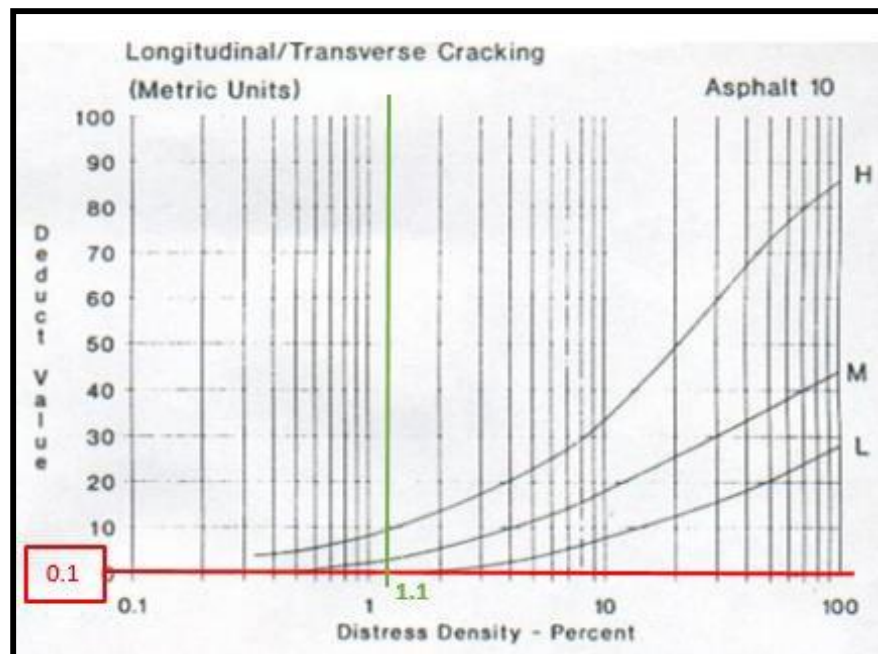


Figura 17. Curva de valor deducido para Grietas Longitudinales / Transversales

El mismo procedimiento se realiza para hallar todos los Valores Deducidos de las fallas encontradas en cada Unidad de Muestra, como se ve en la hoja de registro de la Figura N°18.

HOJA DE REGISTRO										ESQUEMA:	
NOMBRE DE LA VÍA: Av. Metropolitana- Ate					UNIDAD DE MUESTRA: UM-01						
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado					ÁREA: 229.95 m2						
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo					FECHA: 27/09/2020						
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Deslizamiento			
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Pulimientos y agregados			17. Grietas parabólicas o por deslizamiento			
3. Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión			13. Huecos-Baches			18. Hinchamiento			
4. Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril-berma			14. Cruce de Vía Ferrea			19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados			
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales			15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
10	L	0.50	0.70	0.70	0.60			2.50	1.1	0.1	
19	H	3.30	5.60					8.90	3.9	25	
13	L	1.00	1.00	1.00				3.00	1.3	20.1	
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00	2.6	50	
19	M	4.90						4.90	2.1	10.1	
TOTAL VD										105	

Figura 18. Hoja de registro Densidad y Valor Deducido Unidad de Muestra 01

Cuanto mayor sea el valor deducido, más daño causará la falla a la avenida, porque este valor representa el daño, la gravedad y cantidad, las mismas condiciones de influencia. Por el contrario, el valor restado de cero indica que el tamaño de la falla en la unidad de muestra se puede ignorar, o demasiado pequeño para causar un daño significativo al área de estudio. (Rodríguez, 2009, p.106.)

Según Tacza y Rodríguez, se tiene que ordenar descendientemente los valores deducidos, obteniendo así para nuestra investigación 50, 25, 20.1, 10.1 y 0.1. (2018, 74p.) Subsecuente con la aplicación del método, es necesario calcular el número máximo admisible de valores deducidos, m , utilizando la ecuación que se muestra.

Para la unidad de muestra n°1, HDV es 50 (número mayor de los Valores deducidos) y se reemplaza dentro de la ecuación y como resultado el número máximo admisible de valores deducidos es, $m = 5.59$ como se muestra a continuación:

$$m = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - 50) = 5.59$$

Por lo tanto, el número de deducciones individuales se reduce a la deducción máxima permitida m , incluso su parte fraccionaria. En otras palabras, tomamos los 4 valores derivados individuales más grandes más 60% (0.59×0.1) del quinto, **porque este último es menor que 2**, por lo que no consideramos el análisis, entonces obtendremos 50, 25, 20.1 10.1 .

El orden de los valores seleccionados de la izquierda a la derecha indica son las fallas que cada vez más el valor del firme de la calzada, entre las cuales la falla del hoyo de severidad media tiene el mayor impacto en la degradación de la unidad de muestra analizada; de igual manera, la falla que menos impacto tiene sobre el firme de la calzada es el cocodrilo. La cantidad de grietas en la piel es muy pequeña. Por lo tanto, el valor máximo de deducción de corrección "CDV" se determina iterativamente, lo que demuestra: Se Determina el valor deducido total mediante la suma de los valores deducidos individuales:

- $50 + 25 + 20.1 + 10.1 = 105$
- Se determina q como el número de valores deducidos mayores a 2; para este caso, $q = 4$.
- Se Reduce a 2 el menor valor deducido individual mayor que 2 y se repite el procedimiento hasta que q sea igual a 1.
- Se determina el valor deducido corregido "CDV" a partir del valor deducido total y el valor de q , utilizando la curva de corrección para pavimentos de Asfalto de la Figura N°19.

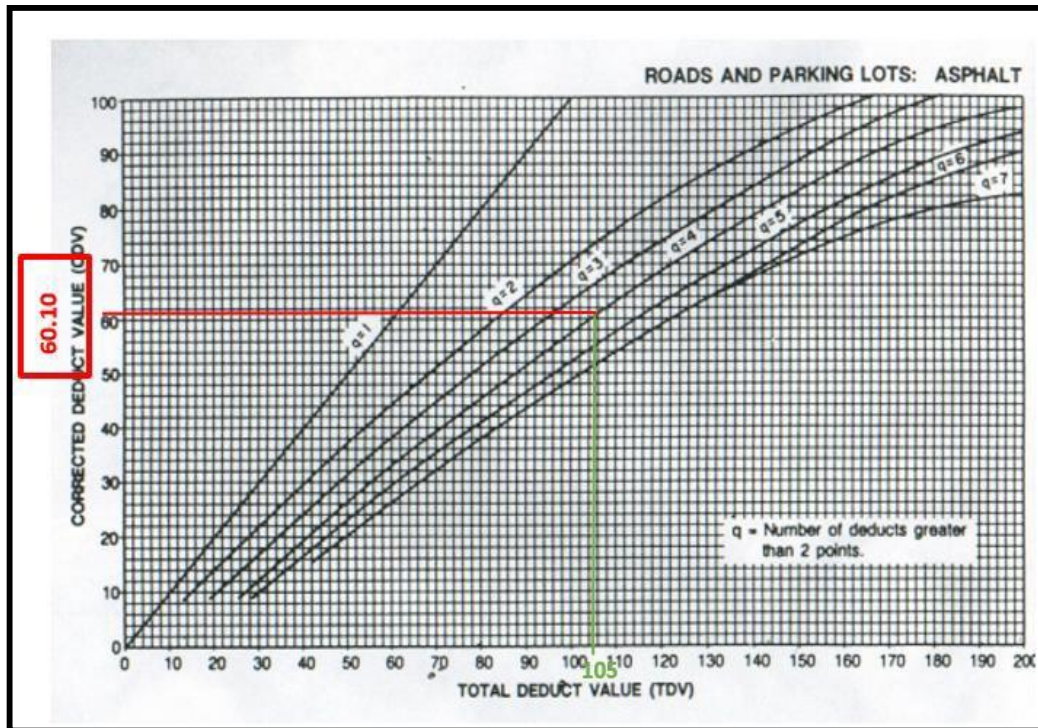


Figura 19. Curva de corrección de valores deducidos

En la tabla N°6 se muestra cómo se obtiene el máximo valor deducido corregido para la unidad de muestra 01, donde el máximo CDV es:

Tabla N° 6: Cálculo del máximo valor deducido corregido para la Unidad de Muestra 01

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 01)						TOTAL	q	CDV
1	50.0	25.0	20.1	10.1	0.1		105	5	55
2	50.0	25.0	20.1	10.1	2.0		107	4	62
3	50.0	25.0	20.1	2.0	2.0		99	3	63
4	50.0	25.0	2.0	2.0	2.0		81	2	59
5	50.0	2.0	2.0	2.0	2.0		58	1	58
	MAX CDV								63
	PCI								37

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se realizó el cálculo del índice de condición del pavimento PCI de la unidad de muestra para determinar la condición actual que presenta el pavimento, el cual, se obtuvo de la resta 100 con el máximo CDV

$$PCI = 100 - 63 = 37$$

Según la figura n° 13 de rangos de calificación del PCI, el valor obtenido 37 equivale a un pavimento de MALA condición. Sucesivamente se realiza el mismo procedimiento para todas las unidades de muestra (ver anexo 6)

Procedimiento del análisis estructural con El Software KENPAVE

Para la realización del análisis del pavimento flexible mediante el software KENPAVE se recolecto una serie de datos, las cuales serán sometidas al modelamiento estructural este será definido por los tipos de vehículos que transitan en la avenida Metropolitana, como también las cargas a las que se somete por un periodo de tiempo determinado. Ya que se utiliza módulos elásticos a una velocidad y temperatura constante, la carga aplicada sobre el pavimento puede ser estática, circular y uniforme. Así mismo la carpeta asfáltica tiene un comportamiento elástico lineal de igual forma las capas inferiores, como se muestra en la Figura N°20.

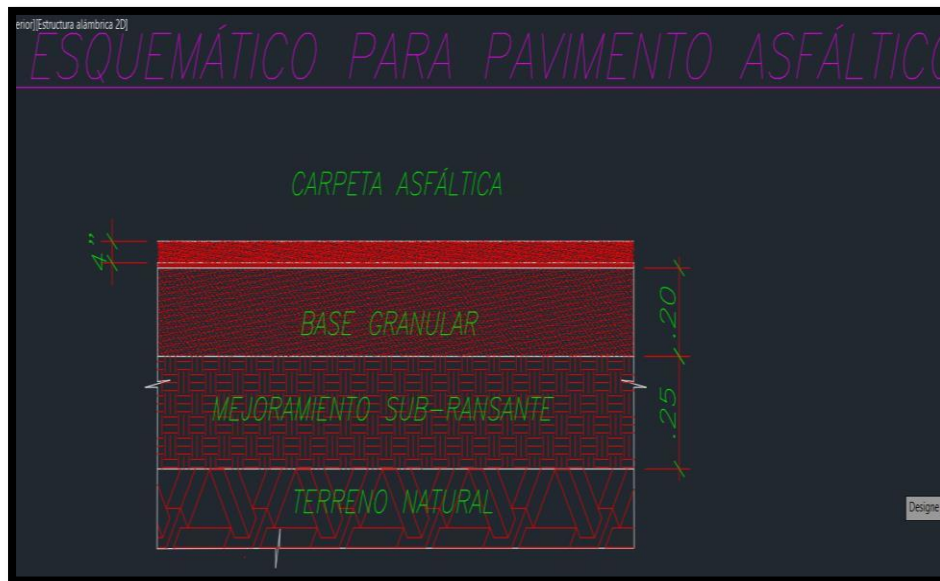


Figura 20. Estructura del pavimento flexible

La guía AASHTO MEPDG, recomienda que para las intersecciones viales y vías urbana la velocidad es baja en circulación vehicular a comparación con vías expresas, por lo que trabajaremos con frecuencias bajas, por lo cual al realizar el análisis elástico multicapa, se usara el módulo de elasticidad con valor de 436,235.00 PSI para la capa asfáltica, siendo un valor de modulo elástico complejo.

Tabla 7: caracterización n de materiales para el análisis lineal elástico en KENPAVE

MATERIAL	Espesor (Cm)	CBR	Modulo Elástico (PSI)	Poisson
Concreto Asfáltico	0.10	-	436,235.00	0.44
Base Granular	0.20	100.00%	30, 000.00	0.14
Sub base Granular	0.25	40.00%	17, 000.00	0.11
Subrasante		17.00%	17,380.00	0.45

Fuente: elaboración propia

La tabla N° 7 indica los espesores de cada capa del pavimento flexible de la av. Metropolitana, así como también los porcentajes del CBR obtenidos de los ensayos de granulometría, el módulo de elasticidad y coeficiente poisson todos estos datos serán insertados en el software KENPAVE para determinar la deformación estructural que sufrió el pavimento flexible.

Para García el software KENPAVE necesita que se inserte la información del tipo de carga a la que será sometida el pavimento quiere decir que se necesita saber que vehículos pasaran por dicha vía, para esto hay una clasificación de cada vehículo que transita y el tipo de carga de cada uno de ellos para realizar un análisis de cada uno. Por otro lado, se necesita el radio del eje de las llantas de cada tipo de vehículo para que de igual manera sea insertado al programa. (2016)

Para el análisis estructural del pavimento flexible se trabajará con el manual de carreteras por el MTC 2014, se utilizará las tablas según el tipo de tráfico pesado que tenga el pavimento de la av. Metropolitana, con el fin de mostrar las deformaciones que presentará estructuralmente dicha avenida.

En la tabla N° 8 se observa las deformaciones de la subrasante por cada tipo de tráfico pesado expresado en ejes equivalentes (EE) las cuales será utilizadas para saber la relación de daños que se ha ocasionado en el pavimento.

Tabla N°8: Cuadro de deformaciones.

	Subrasante ϵ_{z-z}
Tp5	$5.28 * 10^{-4}$
Tp6	$4.55 * 10^{-4}$
Tp7	$3.97 * 10^{-4}$
Tp8	$3.39 * 10^{-4}$
Tp9	$3.19 * 10^{-4}$
Tp10	$3.01 * 10^{-4}$
Tp11	$2.84 * 10^{-4}$
Tp12	$2.63 * 10^{-4}$
Tp13	$2.26 * 10^{-4}$
Tp14	$2.15 * 10^{-4}$

Fuente: elaboración propia.

La tabla N° 9 se tiene los datos de la presión de los ejes de rueda que transitan en la vía, la distancia entre ejes y la distancia del eje a la llanta. Todos estos datos serán insertados para el análisis de fallas estructurales en el programa KENPAVE.

Tabla N°9: Radio de eje de llantas

Fuerza por llanta	80	PSI
Distancia del eje a la llanta	4.23	Pulg
Distancia de ejes	13.5	Pulg

Fuente: elaboración propia

El manual de carreteras basada en pistas de prueba con la guía AASHTO usa la configuración estructural de un eje simple con doble rueda y presión de 80 psi, pues esta es una unidad de daño en el pavimento.

En la tabla N° 10 se utilizará la tabla presentada en el manual de carretera: sección suelos y pavimentos, en la sección tránsito para la evaluación de cada tipo de tráfico pesado.

Tabla N°10: Tipo de tráfico pesado para caminos pavimentados

Tipos de tráfico pesado expresado en EE	Tipos de tráfico pesado expresado en Ejes Equivalentes
Tp0	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
Tp1	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
Tp2	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
Tp3	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
Tp4	> 750,000 EE ≤ 1000,000 EE
Tp5	> 1000,000 EE ≤ 1 500,000 EE
Tp6	> 1 500,000 EE ≤ 3 000,000 EE
Tp7	> 3 000,000 EE ≤ 5 000,000 EE
Tp8	> 5 000,000 EE ≤ 7 500,000 EE
Tp9	> 7 500,000 EE ≤ 10 000,000 EE
Tp10	> 10 000,000 EE ≤ 12 500,000 EE
Tp11	> 12 500,000 EE ≤ 15 000,000 EE
Tp12	> 15 000,000 EE ≤ 20 000,000 EE
Tp13	> 20 000,000 EE ≤ 25 000,000 EE
Tp14	> 25 000,000 EE ≤ 30 000,000 EE
Tp15	> 30 000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras.

Análisis de datos con el software KENPAVE

Para la realización del análisis del pavimento flexible mediante el software KENPAVE se necesita una serie de datos, estos datos serán ingresadas al modelamiento estructural este será definido por los tipos de vehículos que transitan

en la av. Metropolitana, los estudios realizados, la presión de ruedas y la distancia entre ejes; así como también las cargas a las que se somete para determinar la vida útil de la vía.

Figura 21: Ventana principal de KENPAVE.

La figura N°21 muestra la ventana principal del software donde se insertaran los datos para el analisis estructural del pavimento y determinar la deformacion de la avenida



metropolitana.

El primer paso para el análisis de un pavimento con el software KENPAVE crear un nuevo proyecto y seguidamente se puede apreciar que entra a otra de la ventana

donde tienes que colocar el título de nuestro proyecto en estudio así iremos rellenando los datos que nos pide el programa y en esta ventana nos enfocaremos en el casillero number of Z (número de coordenadas en z para el análisis) en el proyecto de la Av. Metropolitana nos dice que es de 4 capas correspondiente y presionamos OK.

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE AV. TP14

Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined) (MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout) (NDAMA)	1
Number of periods per year (NPY)	1
Number of load groups (NLG)	1
Tolerance for numerical integration (DEL)	0.001
Number of layers (NL)	4
Number of Z coordinates for analysis (NZ)	4
Maximum cycles of numerical integration (ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains) (NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless) (NBOND)	1
Number of layers for bottom tension (NLBT)	1
Number of layers for top compression (NLTC)	1
System of units (0=English, 1=SI) (NUNIT)	0

OK

(1) This form appears when the 'General' on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

Figura 22: Ventana información general de KENPAVE.

La figura N°23 es la ventana “layer” del software KENPAVE donde se insertará los valores del módulo de Poisson según los espesores de la estructura del pavimento y el espesor de cada capa (carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante). Los datos de los espesores serán insertados en pulgadas.

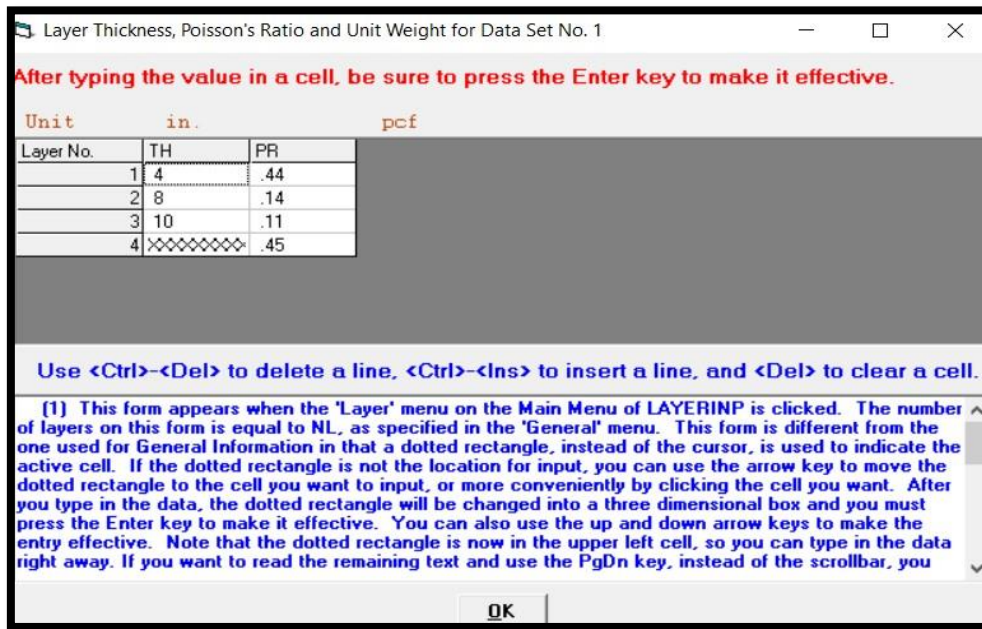


Figura 23: Ventana “layer” de KENPAVE.

Continuando con el análisis del pavimento de la av. Metropolitana ingresamos a la ventana de modulo de elasticidad para cada capa y seguidamente nos aparecera la ventana de layer modulus una vez rellenado procedemos presionando OK.

Seguidamente se ingresará a la ventana de Load del software para ingresar los datos de cargas a las que serán sometidas el pavimento y los puntos de análisis en este caso ingresaremos el dato de sistema de carga 1 ya que es un sistema dual simple. Así mismo se ingresará los puntos de análisis tendremos que presionar el casillero de LOAD para ingresar los datos que se encuentra en dirección YPT para así poder guardar el archivo y poder visualizar los resultados.

La figura N° 24 es la ventana “damage” del software donde se insertará los datos según el tipo de tráfico, deformaciones de la subrasante y la capa a analizar, estos datos serán ingresados por cada tipo de tráfico pesado expresados en ejes equivalentes.

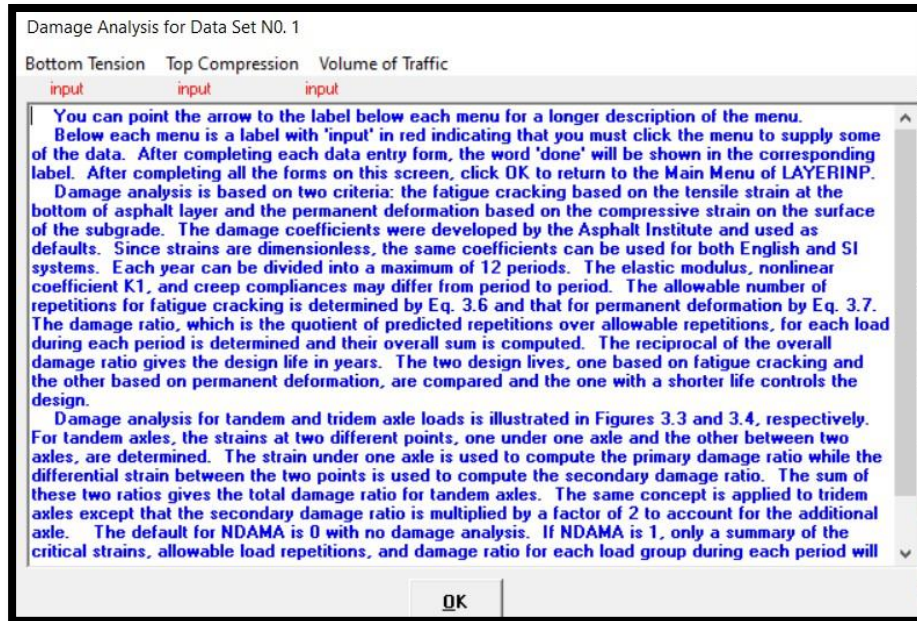


Figura 24: Ventana “damage” de KENPAVE.

Para visualizar los resultados de la deformación por tipo de falla estructural del pavimento de la avenida metropolitana se precede a guardar el archivo con el nombre correspondiente.

En la figura N° 25 Para visualizar los resultados ingresaremos a KENLAYER para que así se pueda procesar los datos.

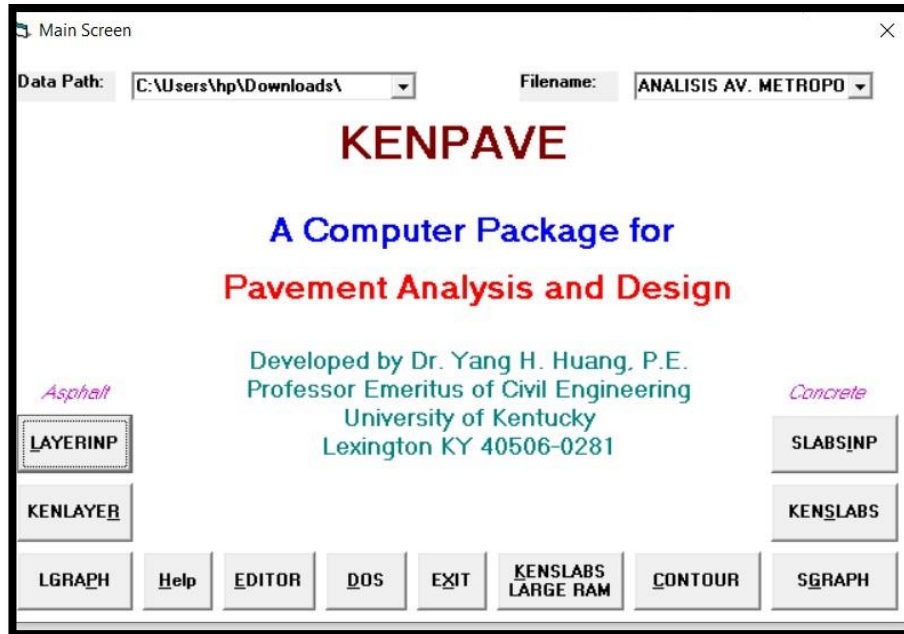


Figura 25. Ventana principal de KENPAVE para visualizar los resultados.

Por ultimo Nos aparecera la ubicación donde se guardo el archivo y en que formato. Para visualizar los resultados ingresamos a la ventana LGRAPH el programa arrojará la presentación grafica del sistema a analizar.

Figura N°26 se aprecia la ventana "lgraph" del software esta ventana arroja un gráfico del análisis estructural del pavimento por cada tipo de tráfico pesado y la magnitud de daño que sufre el pavimento flexible en la avenida Metropolitana.

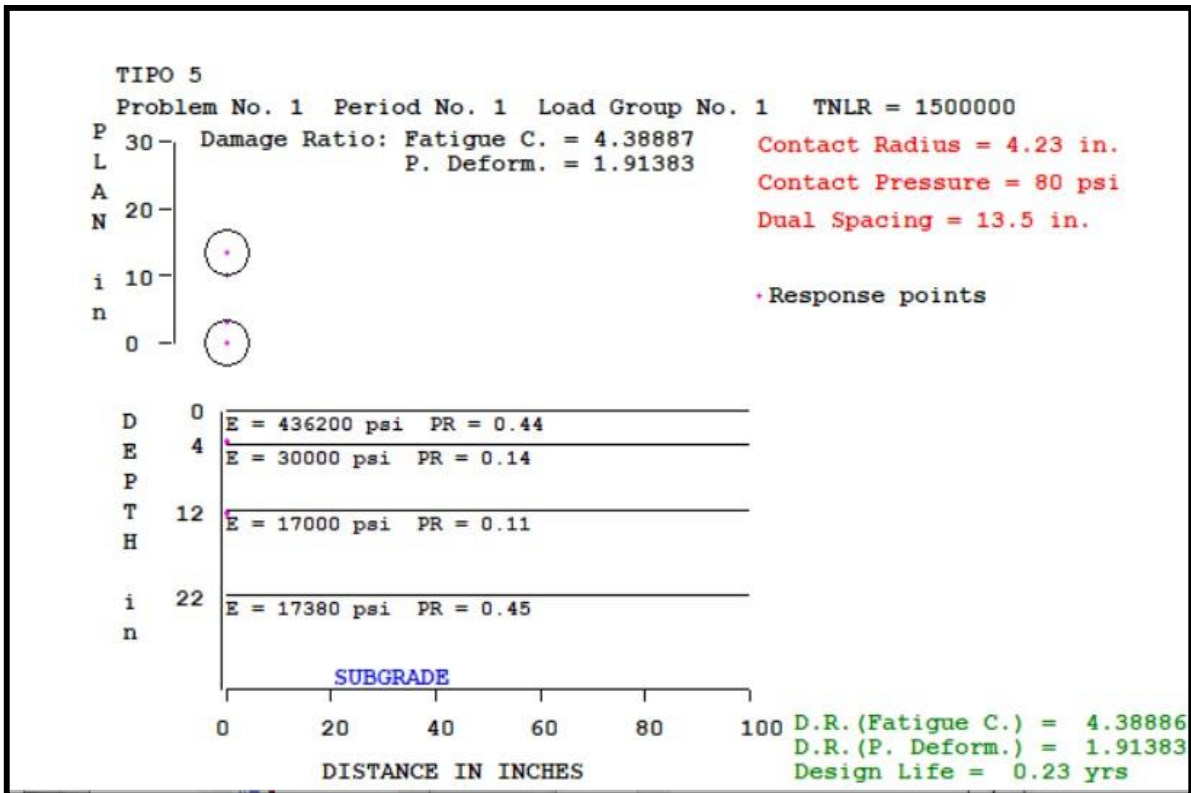


Figura 26. Ventana "Igraph" de KENPAVE

3.7 Aspectos éticos

Los investigadores respetamos la confiabilidad de los datos tomados por los métodos a utilizar para la evaluación del pavimento, como también los datos que se obtuvieron con el fin de lograr los objetivos del presente informe, por ello se ven involucrados en respetar la autenticidad de los resultados. Además, este presente estudio se rige en la estructura metodológica brindada por la universidad Cesar Vallejo y esto son:

- ✓ De autoría propia.
- ✓ El presente Proyecto de Investigación no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
- ✓ El informe de Investigación no se ha sido publicado ni presentado anteriormente.
- ✓ Los resultados presentados en el informe de Investigación son reales, no han sido falseados.

IV. RESULTADOS

En la tabla N°11 se muestra el resultado del PCI promedio de todas las unidades de muestra, ver en anexo N°6 hoja de registro por muestra.

Tabla N° 11: PCI promedio de las Unidades de Muestra

UNIDAD DE MUESTRA	PCI
muestra 1	37
muestra 2	44
muestra 3	19
muestra 4	63
muestra 5	45
muestra 6	82
muestra 7	22
muestra 8	78
muestra 9	69
muestra 10	30
muestra 11	31
muestra 12	24
muestra 13	63
muestra 14	59
PROMEDIO	48

Fuente: Elaboración propia.

Para todas las unidades de muestra se realizó el cálculo del PCI, obteniendo así un promedio de 48, lo que significa que se encuentra en el rango REGULAR del índice de condición del pavimento.

Para este análisis de datos se utilizó las gráficas y cuadros que correlacionen los resultados mediante la iteración para así obtener sus cantidades y porcentajes; así mismo, se mostrará la tabla de resumen final que se utilizará para determinar las alternativas de intervención propuestas según los tipos de fallas encontradas en el estudio.

La aplicación del método PCI incluye la clasificación de las fallas según su tipo y la severidad que estas presenten; Como se explicó en el marco teórico, las clases de severidad pueden ser baja (L), media (M) y alta (H) el criterio de evaluación varía según el tipo de falla en análisis.

En la tabla N°12 se muestra los resultados obtenidos de las fallas incidentes que presenta el pavimento en estudio.

Tabla 12: Severidad en fallas incidentes

N°	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD		
		L (bajo)	M (medio)	H (alto)
1	Grieta Piel De Cocodrilo	16	5	-
2	Agrietamiento En Bloque	1	1	-
3	Depresión	-	6	1
4	Grietas Longitudinal/Transversal	10	9	
5	Huecos	7	8	3
6	Ahuellamiento	7	6	2
7	Desplazamiento	9	5	1
8	Desprendimiento De Agregados	2	5	3

Fuente: Elaboración propia

Alternativas de intervención

ebido al alto valor de PCI de las carreteras estudiadas, se debe realizar un mantenimiento a pequeña y / o gran escala, ya que el mantenimiento a pequeña escala incluye medidas aplicadas a áreas locales de aceras que no excedan los 300 metros cuadrados (Jugo, 2005). Trabaja en toda la sección o al menos en la mayoría de las secciones.

Al determinar los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible de la Avenida Metropolitana, se puede implementar las alternativas de intervención, por ello en la Tabla N° 13 se especifica las principales causas de estas fallas y las intervenciones que requiere cada una de ellas.

Tabla 13: Matriz consolidada de alternativas de intervención

N°	TIPOS DE FALLAS	PRINCIPALES CAUSAS DE DETERIORO	SEVERIDAD	INTERVENCIONES	OBSERVACIONES
1	Grietas piel de cocodrilo	Deterioro causado por fatiga de carpeta asfáltica del pavimento antiguo debido a acción repetida a la carga de tránsito, se manifiesta mediante grietas interconectadas en forma de polígonos irregulares.	Baja	Sellado de grietas	Previo realizar evaluación estructural.
			media	Bacheo profundo	-
		Deterioro causado a consecuencia de evolución de otro tipo de falla como el ahuellamiento, desplazamiento o depresión.	baja/media	-	Realizar la intervención correspondiente a la falla principal.
2	Agrietamiento en bloque	Deterioros causados en el pavimento antiguo por la contracción del concreto asfáltico endurecido debido a los cambios de temperatura, estos se manifiestan como fisuras interconectadas que dividen el pavimento en bloques rectangulares.	baja	Sellado de grietas	Previo realizar evaluación estructural.
			media	Bacheo profundo	-
3	Depresión	Deterioros causados por el asentamiento de las capas inferiores del pavimento debido a la filtración de agua por falta de sellado en las juntas de los sardineles continuos, considerando las cargas del tránsito, se producen áreas con niveles inferior.	media	Bacheo profundo	Realizar mantenimiento al sardinel continuo (sellado de juntas)
			Alta		
4	Grieta longitudinal /transversal	Deterioro causados en zonas de interface entre pavimentos flexibles con deterioros	Alta	Sellado de grietas	Previo realizar evaluación estructural.
			Media		
5	Huecos	Deterioro causado por el desprendimiento de desintegración progresiva de la carpeta asfáltica producida por fallas de tipo del concreto y desprendimiento de agregados, sumado a la acción abrasiva del tránsito.	Baja	Bacheo superficial	-
			Media		
			Alta	Bacheo profundo	
6	Ahuellamiento	Deterioro superficial causado por utilizar en la capa de rodadura una mezcla asfáltica inestable que contiene exceso de ligante y se manifiesta por una depresión a lo largo de la trayectoria de las huellas de los vehículos.	Baja	Bacheo superficial	Previo realizar evaluación estructural.
			media		
			Alta		
7	Desplazamiento	Deterioro superficial causado por el desplazamiento lateral de la mezcla asfáltica a consecuencia de la falla por ahuellamiento producido sobre el pavimento flexible.	Baja	Bacheo superficial	Previo realizar evaluación estructural.
			media		
			Alta		

8	Desprendimiento de agregado	Deterioro superficial causada por la repetición de las cargas de tránsito que genera la fractura del ligante asfáltico alrededor de los agregados y se manifiesta con la pérdida de fragmentos en la capa de rodadura.	Baja	Sellado superficial	-
			Media	Bacheo superficial	
		Deterioros causados a consecuencia de la evolución de otro tipo de fallas como el ahuellamiento, desplazamiento o depresión.	Alta		
			Baja/Media /Alta	-	Realizar la intervención correspondiente a la falla principal.

Fuente: Elaboración propia

- El análisis mecanístico empírico nos permitió determinar los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible mediante el software KENPAVE que modela el estado elástico estructural del pavimento para así implementar las alternativas de intervención en la av. Metropolitana Ate- 2020.
- El análisis mecanístico empírico si se relaciona directamente con el método del PCI, ya que al ser sometido a la evaluación nos indica que el pavimento en la Av. Metropolitana en Ate presenta una condición de PCI 48 equivalente a un pavimento REGULAR, lo que determina que el análisis mecanístico empírico y el método del PCI, son los más acertada para conocer el estado actual en el que se encuentra el pavimento flexible.

RESULTADOS CON EL SOFTWARE KENPAVE

Tabla N° 14: Resultado de deformaciones por cada tipo de tráfico con el KENPAVE

Tipos de tráfico	Rango de tráfico pesado expresado en EE (ejes equivalentes)	Resultados del software	
		Agrietamiento de la fibra interior del concreto asfaltico (milímetros)	Ahuellamiento de la fibra superior de la subrasante. (milímetros)
Tp5	1 500,000 EE	4.388	1.91
Tp6	3 000,000 EE	3.794	3.521
Tp7	5 000,000 EE	4.179	3.130
Tp8	7 500,000 EE	5.988	2.196
Tp9	10 000,000 EE	8.358	1.374
Tp10	12 500,000 EE	8.482	1.577
Tp11	15 000,000 EE	5.414	1.141
Tp12	20 000,000 EE	7.218	1.203
Tp13	25 000,000 EE	9.023	0.75
Tp14	30 000,000 EE	7.169	0.766
Tp15	> 30 000,000 EE	7.169	0.766

Fuente: elaboración propia

La tabla 14 muestra los resultados obtenidos con el software KENPAVE para el análisis. Para todos los tipos de tráfico expresados en ejes equivalentes se realizó el análisis de deformación que sufre el pavimento flexible de la avenida metropolitana de Ate obteniendo como resultado el deterioro del pavimento por la falla de agrietamiento de la fibra interior, se sabe que la avenida no fue diseñada para una alta demanda de tráfico vehicular. Ver en anexo N°8 los resultados por cada tipo de tráfico.

Tabla N°15: análisis de resultados con el software KENPAVE

Análisis lineal elástico-modelo estructural de sistema elástico multicapa		Tráfico proyectado (Tp)									
		<i>Tp</i> ₅	<i>Tp</i> ₆	<i>Tp</i> ₇	<i>Tp</i> ₈	<i>Tp</i> ₉	<i>Tp</i> ₁₀	<i>Tp</i> ₁₁	<i>Tp</i> ₁₂	<i>Tp</i> ₁₃	<i>Tp</i> ₁₄
Agrietamiento de la fibra interior del concreto asfáltico	Repetición aplicada	1,500.000	3,000.000	5,000.00	7,500.000	10,000.000	12,500.000	15,000.000	20,000.000	25,000.00	30,000.000
	Relación de daños limite	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Relación de daños de diseño	4.388	3.794	4.179	5.988	8.358	8.482	5.414	7.218	9.023	7.169
	Estado de relación de daños	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR
Ahuellamiento de la fibra superior de la subrasante	Repetición aplicada	1,500.000	3,000.000	5,000.00	7,500.000	10,000.000	12,500.000	15,000.000	20,000.000	25,000.00	30,000.000
	Relación de daños limite	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Relación de daños de diseño	1.91	3.521	3.130	2.196	1.374	1.577	1.141	1.203	0.75	0.766
	Estado de relación de daños	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	REVISAR	CORRECTO	CORRECTO

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos con el software KENPAVE según el tipo de tráfico pesado expresado en ejes equivalentes para determinar el tipo de falla estructural que sufre el pavimento flexible, el resultado de la relación de daño obtenido con el software en el tipo de falla agrietamiento de la fibra inferior del concreto asfáltico sobrepasa el límite de relación de daños desde *Tp*₅ hasta el *Tp*₁₄ propuestos por el Manual de carreteras. El daño que presenta este tipo de falla en el mayor de los casos es 9 veces más el daño limite y el menor es 3 veces el daño limite, mostrando así que para un mayor tipo de tráfico la carpeta asfáltica es más propensa a tener falla por agrietamiento tipo piel de cocodrilo las que se encuentran propuestas por un tráfico menor. El tipo de falla ahuellamiento de la fibra superior de la subrasante no cumple con el criterio de desempeño de *Tp*₅ hasta el *Tp*₁₂ se tiene una disminución de daño aplicado por lo que aún se encuentra en el rango del tipo de falla mientras que las estructuras propuestas para los volúmenes de tráfico *Tp*₁₃ y *Tp*₁₄ cumplen con el criterio de falla de ahuellamiento de la fibra superior de la subrasante.

RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Para determinar el estadístico de Spearman, se ha procesado la información, aplicando la prueba de normalidad, en donde nos determinó los datos consignados para este estudio provienen de una distribución normal, por consiguiente, se emplea el cálculo estadístico para variables relacionadas y ver el grado de correlación y significancia.

Hipótesis General

Ho: El análisis mecanístico empírico no permitirá determinar los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible para implementar las alternativas de intervención en la avenida Metropolitana Ate- 2020.

Ha: El análisis mecanístico empírico permitirá determinar los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible para implementar las alternativas de intervención en la avenida Metropolitana Ate- 2020.

Tabla 16: Coeficiente de correlación de Spearman de la hipótesis general

			Análisis mecanístico empírico	Criterios de fallas
Rho de Spearman	Análisis mecanístico empírico	Coeficiente de correlación	1,000	,583**
		Sig. (bilateral)	.	,001
		N	14	14
Spearman	Criterios de fallas	Coeficiente de correlación	,583**	1,000
		Sig. (bilateral)	,001	.
		N	14	14

La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración de los investigadores

En la tabla 15 de correlaciones entre las dos variables, observamos que el p-valor (sig. (bilateral)) es 0.001, menor que 0.05 (5% de margen máximo de error), de tal manera señala que existe relación entre las variables, el Rho = 0.583 lo cual muestra una correlación directa y fuerte.

Se concluye que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el análisis mecanístico empírico permitirá determinar los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible para implementar las alternativas de intervención en la avenida Metropolitana Ate- 2020.

Hipótesis específica 1

Ho: El análisis mecanístico empírico no se relaciona directamente con el método del PCI en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.

H1: El análisis mecanístico empírico se relaciona directamente con el método del PCI en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.

Tabla 17: Coeficiente de correlación de Spearman de la hipótesis específica 1

			Análisis mecanístico empírico	PCI
Rho de Spearman	Análisis mecanístico empírico	Coeficiente de correlación	1,000	,512**
		Sig. (bilateral)	.	,004
		N	14	14
	PCI	Coeficiente de correlación	,512**	1,000
		Sig. (bilateral)	,004	.
		N	14	14

La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración de los investigadores.

En la tabla 16 de correlación de dimensión con la variable, observamos que el p-valor (sig. (bilateral)) es 0.004, menor que 0.05, de tal manera señala que existe relación entre la dimensión y la variable, el Rho = 0.512 una correlación directa y fuerte, se concluye que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir: El análisis mecanístico empírico se relaciona directamente con el método del PCI en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.

Hipótesis Específica 2

HO: No existe una relación dependiente entre el análisis mecanístico empírico y el factor influyente en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.

H2: Existe una relación dependiente entre el análisis mecanístico empírico y el factor influyente en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.

Tabla 18: Coeficiente de correlación de Spearman de la hipótesis específica 2

			Análisis mecanístico empírico	Factor influyente
Rho de Spearman	Análisis mecanístico empírico	Coeficiente de correlación	1,000	,821*
		Sig. (bilateral)	.	,018
		N	14	14
Spearman	Factor influyente	Coeficiente de correlación	,821*	1,000
		Sig. (bilateral)	,018	.
		N	14	14

La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración de los investigadores.

En la tabla 17 de correlación de dimensión con la variable, observamos que el p-valor (sig. (bilateral)) es 0.018, menor que 0.05, de tal manera señala que existe relación entre la dimensión y la variable, el Rho = 0.821 una correlación directa y dependiente, se concluye que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir: Existe una relación dependiente entre el análisis mecanístico empírico y el factor influyente en la avenida Metropolitana, Ate- 2020.

V.DISCUSIÓN

1. Los resultados obtenidos con el software KENPAVE concuerdan con la teoría de los antecedentes tal como nos indica el autor Olivas (2016) donde se observa el estudio de dos posibles fallas de un pavimento flexible diseñado con la guía AASHTO 93 estas dos fallas son agrietamiento por fatiga debajo de la carpeta asfáltica y ahuellamiento por deformación permanente en la subrasante y se comprobó que la falla principal es el agrietamiento por fatiga; así mismo en esta investigación se realizó el análisis del pavimento por clasificación de los vehículos que transitan en la avenida metropolitana y se obtuvo como resultado realizado con el programa KENPAVE y tal como lo indica AASHTO, que en el Tp5 hasta el Tp14 de tipos de tránsito expresado en ejes equivalentes que transitan en la vía causo daño tipo agrietamiento por fatiga debajo de la carpeta asfáltica siendo el resultado de daño mayor a daño limite en el pavimento. Mientras que en la falla ahuellamiento por deformación permanente en la subrasante en el tráfico pesado de Tp5 hasta el Tp12 representado en ejes equivalentes presentan daños en disminución por lo que aún se encuentra en el rango de daño limite.
2. En la investigación desarrollada por Huallpa y Estrada (2019) se utilizó la aplicación del método mecanístico empírico para determinación del desempeño de pavimento flexible observándose así que se tendría que llegar a intervenir el pavimento por las fallas de agrietamiento por fatiga debajo de la carpeta y ahuellamiento por deformación permanente en la subrasante por lo que en nuestra investigación el análisis mecanístico empírico con ayuda del software KENPAVE se obtuvo como resultado que la avenida Metropolitana necesita intervención ya que se hizo el estudio con tipos de tránsito pesado Tp5 hasta el Tp14 expresado en ejes equivalentes. Lo que indica que el pavimento de la avenida metropolitana tiene mayor falla de agrietamiento por fatiga debajo de la carpeta asfáltica debido al aumento de demanda de

transito; mientras que en la falla de ahuellamiento por deformación permanente en la subrasante aún se encuentra en el rango de daños limite.

3. Los resultados obtenidos del software KENPAVE junto con la guía mecanístico empírica AASHTO 93 y el manual de carreteras concuerdan con la finalidad de la investigación desarrollada por Mendoza (2019) donde se observó que si existe la relación entre el método empírico – mecanicista AASHTO 93 y el método mecanicista SHELL donde se determina la vida útil del pavimento. En base a la relación de los parámetros de ambas guías se determinó que los dos se complementan; debido que, mediante la aplicación del método SHELL sobre el diseño de pavimento obtenido por el método AASHTO 93 se modela el deterioro en base a las deformaciones del pavimento que permiten calcular la vida útil. Así mismo en nuestra investigación se estableció que la guía mecanístico empírica y el manual de carreteras se complementan para la determinación del estado estructural del pavimento y las deformaciones causadas en un periodo de tiempo.
4. Los resultados obtenidos con el método del PCI no concuerdan con la investigación desarrollada por los autores Amaya y Rojas (2017) donde se observa que su tramo a investigar le dio como resultado que su pavimento está en buenas condiciones y no necesita ningún mantenimiento, por otro lado, en nuestra investigación de la av. Metropolitana dio como resultado que el tramo 01 presenta deterioro regular por lo que necesita un mantenimiento mayor.
5. La investigación desarrollada por Sierra y Rivas (2016) utilizo el método de observar y evaluar el pavimento flexible para determinar cuál es el estado de la vía y ver si necesita mantenimiento por lo que llego a la conclusión que este no necesita ningún tipo de mantenimiento, por otro lado, en nuestra investigación con el método del PCI nos indica que este si necesita mantenimiento para que hay un buen funcionamiento de la av. Metropolitana.

VI.CONCLUSIONES

1. Se Determinó que en la medida que se realiza el análisis mecanístico empírico con el software KENPAVE se logra percibir el nivel de daño que presenta el pavimento flexible según el tipo de falla estructural propuestos por la guía mecanístico empírica las cuales son dos, el agrietamiento de la fibra inferior de la carpeta asfáltica y el ahuellamiento por deformación permanente de la subrasante estas fallas se ubican en la carpeta asfáltica y la subrasante de la estructura del pavimento llegando a tener como resultado que las estructuras de dicha avenida se encuentra en deterioro presentando así más daño la capa de concreto asfáltico; de igual forma también se reforzó la determinación del deterioro a la que se sometió el pavimento de manera con el método del Índice de condición del pavimento PCI, teniendo como 19 posibles tipos de fallas del pavimento expuesto según el método, indicando como resultado que la avenida metropolitana presenta fallas en el pavimento debido a la alta demanda de tránsito, se encontró 8 tipos de fallas superficiales determinando el estado en la que se encuentra el pavimento es de mala condición siendo su valor deducido máximo CDV de 37 por lo que indica que se realice una intervención de mantenimiento correctivo; todos los resultados obtenidos en este análisis nos permite implementar las alternativas de intervención que se podría aplicar a la vía para su mantenimiento o reparación según el nivel de severidad en la que se encuentra cada tipo de falla con respecto a los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible de la Av. Metropolitana Ate- 2020.
2. Se logró especificar la relación entre el análisis Mecanístico Empírico que se mide principalmente el estado estructural en el que se encuentra el pavimento con fin de evaluar el daño permanente causado debido al aumento de demanda de tránsito para así conocer que parte de la estructura del pavimento cumple y no cumple con el criterio de desempeño de la metodología mecanístico empírico con el modelamiento de comportamiento

elástico llegando a la conclusión que el programa KENPAVE determina la magnitud de deterioro que tiene la carretera arrojando como resultado que la avenida metropolitana se encuentra en deterioro principalmente por la falla de agrietamiento de la fibra inferior de la carpeta asfáltica sobrepasando el daño limite admisible incluso 9 veces mayor de lo permitido para un pavimento flexible, mientras en el método del PCI, se evalúa el estado de deterioro en el que se encuentra superficialmente el pavimento y los deterioros en un periodo de tiempo en la Av. Metropolitana, Ate- 2020. Se evaluaron 14 unidades de muestra cada muestra consta de un área de 229.95 m² a lo largo de toda la avenida, el método del PCI indica 19 fallas para un pavimento flexible encontrándose así 8 fallas en la avenida Metropolitana arrojando como resultado que el pavimento se encuentra en malas condiciones requiriendo así intervenciones correctivas en la avenida metropolitana.

3. Se concluyó que al analizar la relación entre el análisis mecanístico empírico este necesita conocer el nivel de tránsito para determinar las cargas de las llantas de los vehículos, el área de contacto y la presión de la llanta pues todo esto es difícil de predecir en un laboratorio por lo que hasta hoy se determina casi puramente empírico; mientras que en los factores influyentes se determinó que para el estudio del pavimento flexible se necesita conocer la demanda de tránsito en un cierto periodo de tiempo pues esto influye en el deterioro acelerado de la carretera de la av. Metropolitana, Ate- 2020, para la determinación del nivel de transito se trabajó con el manual de carreteras- 2013 indican los valores estimados para cada tipo de tránsito en el rango de numero de repeticiones expresados en ejes equivalentes de 8.2 toneladas

VII. RECOMENDACIONES

1. El trabajo de recolección de datos en campo debe ser realizado por personal capacitado en la identificación y categorización de los 19 tipos de fallas que evalúa el método PCI en pavimentos asfálticos; además, como parte de los instrumentos se puede adicionar el uso de un catálogo que contenga fotografías referentes a los tipos de fallas para que sirva como guía.
2. Se deben tomar medidas correctivas con el sistema de riego que se utiliza en las áreas verdes contiguas al pavimento en estudio, actualmente se realiza riego por inundación, lo cual conlleva a que en algunas ocasiones se produce el desborde del agua sobre el pavimento, generando que se acelere el mecanismo de deterioro.
3. Para realizar un análisis mecanístico empírico de un pavimento flexible en un menor tiempo de cálculo se recomienda utilizar un programa de software que modele el comportamiento elástico del pavimento y la deformación estructural que podría tener en un periodo de tiempo según al aumento de la demanda de tráfico y para el tipo de vía que fue diseñada el pavimento flexible.
4. Se recomienda para la evaluación estructural y diseño de infraestructura de un pavimento flexible con la metodología mecanístico empírica se trabaje juntamente con el Manual de Carreteras MTC-2014: sección suelos y pavimentos para los diferentes tipos de subrasante y mezcla asfáltica todos esto caracterizado según a los resultados obtenidos del ensayo de granulometría, para así poder determinar el desempeño del pavimento al aplicar las cargas de trafico expresadas en ejes equivalentes en el manual.

5. Se recomienda a las empresas constructoras dedicadas al diseño de infraestructura vial, mantenimiento y rehabilitación de un pavimento flexible debe considerar las nuevas metodologías para el diseño y la evaluación de una carretera ya que es de suma importancia al momento de la elección una estructura que fue planteada por el ingeniero proyectista verificar si este cumple al momento de determinar su comportamiento y con los criterios de falla propuestas.

REFERENCIAS

▪ LIBRO

1. AASHTO Guía de Diseño Mecánico Empírico de Pavimentos PT-56. Editorial ICG. Estados Unidos de América, Julio 2008. 218pp.
ISBN: 978-1-56051-423-7
2. AASHTO (1993). AASHTO Guide for Design of Pavements Structures. Estados Unidos de América. 237pp.
3. American Society for Testing and Materials. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-07). Estados Unidos,2004. 81 pp.
4. BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012, 38 pp.
5. GEORGE, D. & MALLERY, P. SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference 11.0 update (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon, 2003, 416pp.
ISBN-13: 978-0205375523
6. HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación. 6ta ed. México: Interamericana Editores S.A. de C.V. 2014. 589 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
7. HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5ta ed. México: Interamericana Editores S.A. de C.V. 2010. 656 pp.
ISBN: 978-607-15-0291-9
8. HUANG, Yang. Pavement Analysis and Design Second Edition. 2da edición, University of Kentucky, EEUU.2003. 792 pp.
ISBN: 978-0131424739
9. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIÓN. Manual de carreteras. MC-02-18 Diseño Geométrico. Perú: Lima,2018. 288pp.

10. JUGO Augusto. Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles. Venezuela, 2005. 34 pp.
11. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIÓN. Manual de carreteras. MC-01-13 Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Perú: Lima, 2013. 1282pp.
12. PALELLA, Santa, MARTINS Feliberto. Metodología de la investigación cuantitativa. 3ra ed. Caracas: Fedupel. 2012. 286 pp.

ISBN: 980-273-445-4
13. SANCHEZ, Fernando. Módulo 12 Diseño de pavimentos asfálticos para calles y carreteras. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, diciembre 2016. 111pp.
14. VALDERRAMA, S. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 2da ed. Perú: San Marcos E.I.R.L 2013.

▪ **TESIS**

15. AMADO, John. Análisis Del Sistema De Reparación De Pavimentos Flexibles Por Inyección Neumática De Mezclas Asfálticas En Frio, Tecnología Velocity Patching. Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2015. 118 pp.
16. AMAYA, Andrés y ROJAS, Efraín. Análisis Comparativo Entre Metodologías Vizir Y Pci Para La Auscultación Visual De Pavimentos Flexibles En La Ciudad De Bogotá. Tesis (Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Santo Tomas, 2017. 158 pp.
17. GARCIA, Angel, GUTIERREZ, Felipe y GUTIERREZ Romero. Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanístico empírico, con el método AASHTO 93. Tesis (ingeniero civil). San Salvador: Universidad de el Salvador, 2014. 238 pp.

18. GONZALES, Carlos. Fallas en el pavimento flexible de la Avenida Vía de Evitamiento Sur, Cajamarca, 2015. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2015. 150 pp.
19. HUMPIRI, Katia. Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región Puno. Tesis (magister en ingeniería civil). Juliaca: universidad andina “Néstor Cáceres Velázquez”, 2015. 171 pp.
20. JAÑA, Cristian. Implementación de la guía de diseño Mecanístico empírico AASHTO 2008 en la región de Piura. Tesis (Master en Ingeniería Civil). Perú, 2016. 168 pp.
21. LEGUIA y PACHECO, Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: cincuentenario, colon y miguel Grau. Tesis (ingeniero civil). Perú: Universidad San Martín de Porres, 2016. 174 pp
22. MEDINA, Armando y DE LA CRUZ, Marcos. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Tesis (ingeniero civil). Lima: Universidad peruana de ciencias aplicadas, 2015. 135 pp.
23. MENDOZA, Edgar. Relación entre los métodos de diseño de pavimento flexible empírico mecanístico AASHTO 93 y SHELL para determinar la vida útil del pavimento. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Ricardo Palma, 2019. 282 pp.
24. MICHA, Moisés. Desarrollo de software para el diseño de pavimentos por el método mecanístico – empírico (MEPDG) AASHTO. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad de Cajamarca, 2019. 189 pp.
25. MIRANDA Ricardo. Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Tesis (Título de Ingeniero Constructor) Santiago: Universidad austral de Chile, Facultad de ingeniería, 2010. 93pp.
26. MORALES, Ramón. Revisión de la estructura de pavimento flexible en el tramo carretero Parangaricutiro-antiguo pueblo de San Juan nuevo del km

- 5+000 al 8+000 en la localidad de san Juan Nuevo. Tesis (Ingeniero Civil). México: Universidad Don Vasco A. C., 2016.106 pp.
27. PANTA, German. “Determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible de la av. Chulucanas entre las progresivas km. 0+000 al km. 0+670 del distrito veintiséis de octubre, provincia de Piura y departamento de Piura, octubre 201”. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Piura: Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017.107pp.
 28. PERÉZ, José y RAMIREZ, Jhonel. Evaluación Y Determinación De Las Patologías Del Pavimento Asfáltico En La Av. Los Tréboles – Distrito De Chiclayo – Provincia De Chiclayo - Departamento Lambayeque. Tesis (Ingeniero Civil). Pimentel: Universidad Señor de Sipan, 2018. 159 pp.
 29. RIFFO, Karla. Análisis de modelos de desempeño de MEPDG para el Diseño de diseño de pavimentos rígidos en la región del Bio- Bio. Tesis (ingeniero civil). Chile: universidad del Bio- Bio, 2013. 88 pp.
 30. RODRIGUEZ, Edgar. Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero distrito de Castilla. Tesis (Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2009. 167 pp.
 31. RUBIO, Rafael. Conservación de carreteras con Pavimento Flexible. Tesis (título profesional de ingeniero civil). México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de ingeniería. 2011.
 32. SIERRA, Cristian y RIVAS, Andrés. Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la Vía al Llano (DG 78 Bis Sur – Calle 84 Sur) en la Upz Yomasa. Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2016. 106 pp.
 33. TACZA, Erica y RODRIGUEZ, Braulio. Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil), Peru, Lima: Universidad peruana de ciencias aplicadas, 2018.117 pp.

34. VERGARA, Anthony. Evaluación Del Estado Funcional Y Estructural Del Pavimento Flexible Mediante La Metodología PCI Tramo Quichuay -Ingenio Del Km 0+000 Al Km 1+000 2014. Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo: universidad Nacional del Centro del Perú, 2015. 173 pp.
35. YOVERA, José. Análisis Mecánico Empírico Y Criterios De Falla De Las Estructuras De Pavimento Flexible Recomendadas Por Manual De Carreteras Mtc-2014, Sección Suelos Y Pavimentos, Urbanización Virgen De La Puerta, Trujillo 2018. Tesis (ingeniero civil). Trujillo: Universidad nacional de Trujillo, 2018. 98 pp.
36. ZEVALLOS, Rafael. Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca- 2017. Tesis (maestro en ingeniería civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 102 pp.

▪ **ELECTRÓNICO**

37. ALFARO, Carlos. Metodología De Investigación Científica Aplicado A La Ingeniería [en línea]. Universidad Nacional del Callao. 2012. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2020].

Disponible en: file:///E:/tesis/IF_ALFARO%20RODRIGUEZ_FIEE.pdf

38. DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACION Y EVALUACION DE PAVIMENTOS. Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación [en línea]. República Dominicana: Ministerio de obras públicas y comunicaciones, 2016 [fecha de consulta:14 de abril del 2020]

Disponible en: <file:///F:/tesis/guia%20de%20asesor/ISO%20690.pdf>

39. VASQUEZ, Luis. Pavement condition index (pci) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. [en línea]. Universidad nacional de Colombia. 2002. [fecha de consulta: 24 de septiembre del 2020]

Disponible en: <https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>

40. GARCIA, Augusto. Sistema multicapa kenpave [en línea]. Diseño de pavimentos. 2016 [fecha de consulta: 15 de setiembre del 2020]

Disponible en: <https://RibBrian/0401-solucion-multicapa-kenpav>

ANEXOS

ANEXO 1

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL AUTORES

Lima, 25 de noviembre del 2020.

Nosotras, Valia Natalia Ferreyra Sarmiento identificada con DNI 70830059, código 6500078094 y Lesly Adriana Guillermo Huari identificada con DNI 77822681, código 650005705, alumnas de la Facultad de Ingeniería Civil y Escuela Profesional de Ingeniería de la Universidad César Vallejo sede Ate, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Proyecto de Investigación titulado “Análisis mecanístico empírico y criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible en la Av. Metropolitana, ate-2020” son:

1. De nuestra autoría.
2. El presente Proyecto de Investigación no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El Proyecto de Investigación no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente Proyecto de Investigación son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.



.....
Valia Natalia Ferreyra Sarmiento
DNI:70830059



.....
Lesly Adriana Guillermo Huari
DNI: 77822681

ANEXO 2

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, Luis Humberto Díaz Huiza, docente de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Programa académico Proyecto de Investigación de la Universidad César Vallejo sede Ate, revisor de la tesis titulada “Análisis Mecánico Empírico y Criterios De Falla De Las Estructuras Del Pavimento Flexible En La Av. Metropolitana, Ate-2020”, de las estudiantes Valia Ferreyra Sarmiento y Lesly Guillermo Huari, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 25 de noviembre del 2020

.....
Firma

Mg. Ing. Luis Humberto Diaz Huiza

DNI:08196873

ANEXO 3

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
ANÁLISIS MECANÍSTICO EMPÍRICO	La metodología de diseño Mecanístico Empírico de pavimentos se basa en modelos matemáticos que simulen la configuración estructural del pavimento, este modelamiento permite determinar la condición de esfuerzos y deformaciones generados debido a cargas de vehículos y condicione externas.+ (Yovera, 2015, p.24).	El análisis mecanístico empírico se evaluará a través del software kempave quien no va a determinar el estado estructural del pavimento y las fallas que podría presentar.	Condiciones Iniciales	<input type="checkbox"/> Elementos estructurales <input type="checkbox"/> Cargas estructurales <input type="checkbox"/> Calidad de materiales	Razón
			Evolución de deterioros	<input type="checkbox"/> Tipo de fallas	
CRITERIOS DE FALLA DE LAS ESTRUCTURAS DEL PAV. FLEXIBLE	Los criterios de falla es un método que constituye las ecuaciones utilizadas para calcular el número requerido de ciclos de carga para alcanzar la falla del pavimento, estas ecuaciones se obtienen observando el comportamiento de pavimentos y relacionando el tipo y la extensión de la falla observada. (Sánchez, 2016, p. 73).	Los criterios de falla de las estructuras del pavimento flexible se estudiarán mediante el proceso del método del PCI y los factores influyentes para identificar las fallas superficiales del pavimento en la Av. Metropolitana.	Método del pavement condition index (PCI)	<input type="checkbox"/> Índice de condición del Pavimento <input type="checkbox"/> Grado de condición del pavimento	Razón
			Factor influyente	<input type="checkbox"/> Índice medio diario anual (IDMA)	

ANEXO 4

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

HOJA DE REGISTRO						ESQUEMA:	
NOMBRE DE LA VÍA:			UNIDAD DE MUESTRA:				
SECCION DE LA VÍA:			ÁREA:				
EJECUTORES:			FECHA:				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabólicas o por deslizamiento			
3. Fisuras de bloque	8. Fisura de Reflexión	13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento			
4. Abultamiento y hundimientos	9. Desnivel de carril-berma	14. Cruce de Vía Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados			
5. Corrugación	10. Fisura transversales y longitudinales	15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD			TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
TOTAL VD							

ANEXO 5

TIPO DE FALLA ENCONTRADOS EN LA AV. METROPOLITANA

Tipo de falla: Baches

Figura 27: Falla bache en el pavimento flexible de la avenida Metropolitana



Tipo de falla: Piel de Cocodrilo



Figura 28: Falla piel de cocodrilo en el pavimento flexible de la avenida Metropolitana

Tipo de falla: Desprendimiento



Figura 29: Falla de desprendimiento en el pavimento flexible de la avenida Metropolitana

Tipo de falla: Desprendimiento de borde



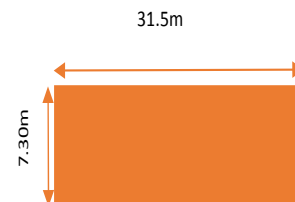
Figura 30: Falla grieta de borde en el pavimento flexible de la avenida Metropolitana

ANEXO 6

HOJAS DE REGISTRO

- Unidad de Muestra 01

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av.Metropolitana- Ate								UNIDAD DE MUESTRA: UM-01		
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado								ÁREA: 229.95 m2		
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo								FECHA: 27/09/2020		
1.Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabolicas o por deslizamiento				
3.Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4.Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Vía Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
10	L	0.50	0.70	0.70	0.60			2.50	1.1	0.1
19	H	3.30	5.60					8.90	3.9	25.0
13	L	1.00	1.00	1.00				3.00	1.3	20.1
13	M	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	6.00	2.6	50.0
19	M	4.90						4.90	2.1	10.1
TOTAL VD									105	



N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 01)						TOTAL	q	CDV
1	50.0	25.0	20.1	10.1	0.1		105	5	55
2	50.0	25.0	20.1	10.1	2.0		107	4	62
3	50.0	25.0	20.1	2.0	2.0		99	3	63
4	50.0	25.0	2.0	2.0	2.0		81	2	59
5	50.0	2.0	2.0	2.0	2.0		58	1	58
MAX CDV									63
PCI									37

- Unidad de Muestra 02

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av.Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-02				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1.Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabólicas o por deslizamiento				
3.Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4.Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
3	L	3.50					3.50	1.5	1.0	
1	L	2.20					2.20	1.0	10.0	
1	M	4.00					4.00	1.7	38.0	
10	L	1.00	2.00	7.20			10.20	4.5	1.0	
10	L	0.80	3.00				3.80	1.7	0.1	
13	M	1.00					1.00	0.4	20.0	
19	M	0.90					0.90	0.4	8.0	
6	M	4.00					4.00	1.7	10.0	
TOTAL VD								88		

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 02)						TOTAL	q	CDV
1	38.00	20.00	10.00	10.00	8.00	1.00	87	6	50
2	38.00	20.00	10.00	10.00	8.00	2.00	88	5	44
3	38.00	20.00	10.00	10.00	8.00	2.00	88	4	56
4	38.00	20.00	10.00	10.00	2.00	2.00	82	3	53
5	38.00	20.00	10.00	2.00	2.00	2.00	74	2	54
6	38.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	48	1	48
MAX CDV								56	
PCI								44	

- Unidad de Muestra 03

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av. Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-03				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabolicas o por deslizamiento				
3. Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4. Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO		
1	L	4.20	4.50			8.70	3.8	24.0		
1	M	6.80				6.80	3.0	34.0		
5	M	5.30				5.30	2.3	22.0		
6	M	1.20				1.20	0.5	9.0		
13	H	1.00	1.00	1.00		3.00	1.3	68.0		
TOTAL VD								157		

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 03)				TOTAL	q	CDV	
1	68.0	34.0	24.0	22.0	148	4	81	
2	68.0	34.0	24.0	2.0	128	3	78	
3	68.0	34.0	2.0	2.0	106	2	74	
4	68.0	2.0	2.0	2.0	74	1	74	
MAX CDV								81
PCI								19

- Unidad de Muestra 04

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av.Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-04				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1.Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabolicas o por deslizamiento				
3.Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4.Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	4.00					4.00	1.7	16.5	
1	M	7.00					7.00	3.0	33.0	
TOTAL VD									50	

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 04)				TOTAL	q	CDV
1	33.0	16.5			50	2	37
2	33.0	2.0			35	1	35
MAX CDV							37
PCI							63

- Unidad de Muestra 05

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:	
NOMBRE DE LA VÍA: Av. Metropolitana- Ate				UNIDAD DE MUESTRA: UM-05					
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado				ÁREA: 229.95 m2					
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo				FECHA: 22/10/2020					
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento			
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabólicas o por deslizamiento			
3. Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento			
4. Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados			
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
15	M	16.00					16.00	7.0	40.0
16	L	10.00	3.50				13.50	5.9	16.0
19	M	4.00					4.00	1.7	10.0
15	L	6.50					6.50	2.8	16.0
1	L	2.60	5.00				7.60	3.3	21.0
TOTAL VD									103

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 05)						TOTAL	q	CDV
1	40.00	21	16.00	16.00	10.00		103	5	54
2	40.00	21	16.00	16.00	2.00		95	4	55
3	40.00	21	16.00	2.00	2.00		81	3	52
4	40.00	21	2.00	2.00	2.00		67	2	49
5	40.00	2.00	2.00	2.00	2.00		48	1	48
MAX CDV									55
PCI									45

- Unidad de Muestra 06

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av.Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-06				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1.Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabolicas o por deslizamiento				
3.Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4.Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
6	M	0.80					0.80	0.3	9.0	
13	M	1.00	2.50	3.00			6.50	2.8	14.0	
19	L	0.80					0.80	0.3	0.1	
TOTAL VD								23		

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 06)				TOTAL	q	CDV
1	14.00	9.00	0.10		23	3	12
2	14.00	9.00	2.00		25	2	13
3	14.00	2.00	2.00		18	1	18
						MAX CDV	18
						PCI	82

- Unidad de Muestra 07

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av. Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-07				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabólicas o por deslizamiento				
3. Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4. Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Vía Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
15	M	14.00					14.00	6.1	37.0	
16	L	9.00	3.00				12.00	5.2	14.0	
1	L	5.00	3.00				8.00	3.5	22.0	
15	L	6.00					6.00	2.6	16.0	
13	M	2.00					2.00	0.9	29.0	
13	L	2.00					2.00	0.9	28.0	
15	H	2.60					2.60	1.1	29.0	
16	M	0.80					0.80	0.3	4.0	
								TOTAL VD	179	

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 07)						TOTAL	q	CDV
1	37.00	29.00	29.00	28.00	22.00	16.00	161	6	78
2	37.00	29.00	29.00	28.00	22.00	2.00	147	5	76
3	37.00	29.00	29.00	28.00	2.00	2.00	127	4	72
4	37.00	29.00	29.00	2.00	2.00	2.00	101	3	69
5	37.00	29.00	2.00	2.00	2.00	2.00	74	2	54
6	37.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	47	1	47
								MAX CDV	78
								PCI	22

- Unidad de Muestra 08

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av.Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-08				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1.Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabolicas o por deslizamiento				
3.Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4.Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
6	M	0.20					0.20	0.1	8.0	
10	L	2.00	2.30	1.20			5.50	2.4	1.0	
10	M	3.50	2.70	8.50	2.30	4.00	21.00	9.1	18.0	
TOTAL VD										27

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 08)					TOTAL	q	CDV
1	18.00	8.00	1.00			27	3	15
2	18.00	8.00	2.00			28	2	20
3	18.00	2.00	2.00			22	1	22
							MAX CDV	22
							PCI	78

- Unidad de Muestra 10

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av. Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-10				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabólicas o por deslizamiento				
3. Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4. Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	L	1.30	6.40					7.70	3.3	21.0
1	M	6.50						6.50	2.8	32.0
6	M	4.00						4.00	1.7	10.1
13	L	1.00						1.00	0.4	10.0
15	M	9.00						9.00	3.9	33.0
15	L	6.50						6.50	2.8	29.0
16	M	3.70						3.70	1.6	13.0
16	L	4.00						4.00	1.7	8.0
19	L	2.00						2.00	0.9	3.0
TOTAL VD										159

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 10)							TOTAL	q	CDV
1	33.00	32.00	29.00	21.00	13.00	10.00	10	148.10	7	70
2	33.00	32.00	29.00	21.00	13.00	10.00	2	140.00	6	68
3	33.00	32.00	29.00	21.00	13.00	2.00	2	132.00	5	69
4	33.00	32.00	29.00	21.00	2.00	2.00	2	121.00	4	69
5	33.00	32.00	29.00	2.00	2.00	2.00	2	102.00	3	64
6	33.00	32.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2	75.00	2	54
7	33.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2	45.00	1	45
MAX CDV										70
PCI										30

- Unidad de Muestra 11

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av. Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-11				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabólicas o por deslizamiento				
3. Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4. Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	L	1.30	6.50	2.50			10.30	4.5	25.0	
1	M	6.40					6.40	2.8	32.0	
6	M	4.00					4.00	1.7	10.0	
13	L	1.00					1.00	0.4	10.0	
15	M	9.00					9.00	3.9	30.0	
15	L	6.50					6.50	2.8	16.0	
16	M	3.60					3.60	1.6	14.0	
16	L	4.00					4.00	1.7	7.0	
19	L	2.00					2.00	0.9	4.0	
TOTAL VD										148

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 11)							TOTAL	q	CDV
1	32.00	30.00	25.00	16.00	14.00	10.00	10.00	137.00	7	67
2	32.00	30.00	25.00	16.00	14.00	10.00	2.00	129.00	6	63
3	32.00	30.00	25.00	16.00	14.00	2.00	2.00	121.00	5	59
4	32.00	30.00	25.00	16.00	2.00	2.00	2.00	109.00	4	69
5	32.00	30.00	25.00	2.00	2.00	2.00	2.00	95.00	3	60
6	32.00	30.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	72.00	2	53
7	32.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	44.00	1	44
MAX CDV									69	
PCI									31	

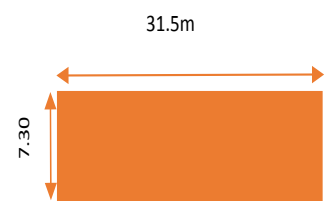
- Unidad de Muestra 12

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av.Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-12				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1.Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabolicas o por deslizamiento				
3.Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4.Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Via Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
6	M	1.40					1.40	0.6	8.0	
1	M	1.50	9.50				11.00	4.8	38.0	
16	M	2.00					2.00	0.9	9.0	
15	M	4.50					4.50	2.0	25.0	
1	L	2.00					2.00	0.9	10.0	
15	H	2.50					2.50	1.1	29.0	
16	H	2.50					2.50	1.1	29.0	
19	M	1.80					1.80	0.8	9.0	
6	H	9.60					9.60	4.2	24.0	
TOTAL VD									181	

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 12)						TOTAL	q	CDV
1	38.00	29.00	29.00	25.00	24.00	10.00	155	6	75
2	38.00	29.00	29.00	25.00	24.00	2.00	147	5	76
3	38.00	29.00	29.00	25.00	2.00	2.00	125	4	71
4	38.00	29.00	29.00	2.00	2.00	2.00	102	3	64
5	38.00	29.00	2.00	2.00	2.00	2.00	75	2	54
6	38.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	48	1	48
MAX CDV									76
PCI									24

- Unidad de Muestra 13

HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:	
NOMBRE DE LA VÍA: Av.Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-13			
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2			
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020			
1.Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento			
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabolicas o por deslizamiento			
3.Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento			
4.Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Vía Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados			
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento					
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
15	L	3.00	6.40			9.40	4.1	20.0	
16	L	2.50	4.00			6.50	2.8	10.5	
1	L	1.30	6.80	4.00		12.10	5.3	27.0	
TOTAL VD								58	



N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 13)					TOTAL	q	CDV
1	27.00	20.00	10.00			57	3	35
2	27.00	20.00	2.00			49	2	37
3	27.00	2.00	2.00			31	1	31
MAX CDV								37
PCI								63

- Unidad de Muestra 14

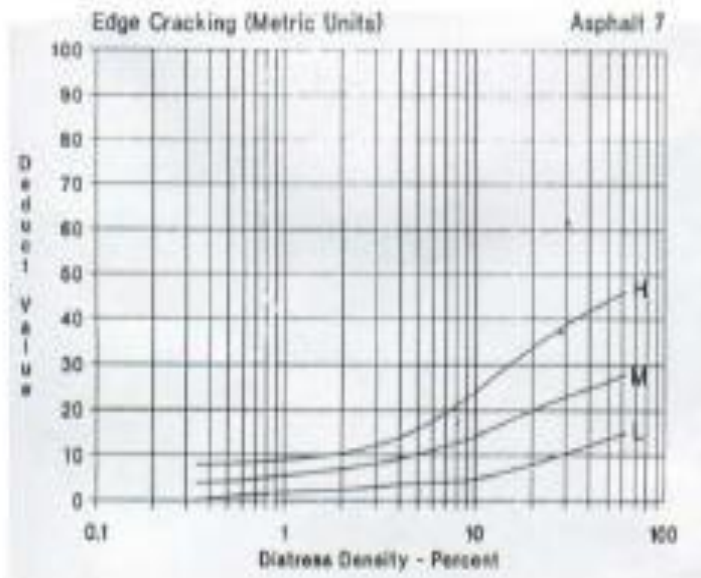
HOJA DE REGISTRO								ESQUEMA:		
NOMBRE DE LA VÍA: Av.Metropolitana- Ate						UNIDAD DE MUESTRA: UM-14				
SECCION DE LA VÍA: Av. Villa Tagore- Av. Porogolongacion Javier Prado						ÁREA: 229.95 m2				
EJECUTORES: Valia Ferreyra/ Lesly Guillermo						FECHA: 22/10/2020				
1.Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Pulimientos y agregados		17. Grietas parabolicas o por deslizamiento				
3.Fisuras de bloque		8. Fisura de Reflexión		13. Huecos-Baches		18. Hinchamiento				
4.Abultamiento y hundimientos		9. Desnivel de carril- berma		14. Cruce de Vía Ferrea		19. Peladura por interperismo y desprendimiento de agregados				
5. Corrugación		10. Fisura transversales y longitudinales		15. Ahuellamiento						
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
15	L	7.50					7.50	3.3	29.0	
16	L	3.80					3.80	1.7	7.0	
1	L	3.80	4.00				7.80	3.4	24.0	
TOTAL VD									60	

N°	VALORES DEDUCIDOS VD (MUESTRA 13)					TOTAL	q	CDV
1	29.00	24.00	7.00			60	3	38
2	29.00	24.00	2.00			55	2	41
3	29.00	2.00	2.00			33	1	32
							MAX CDV	41
							PCI	59

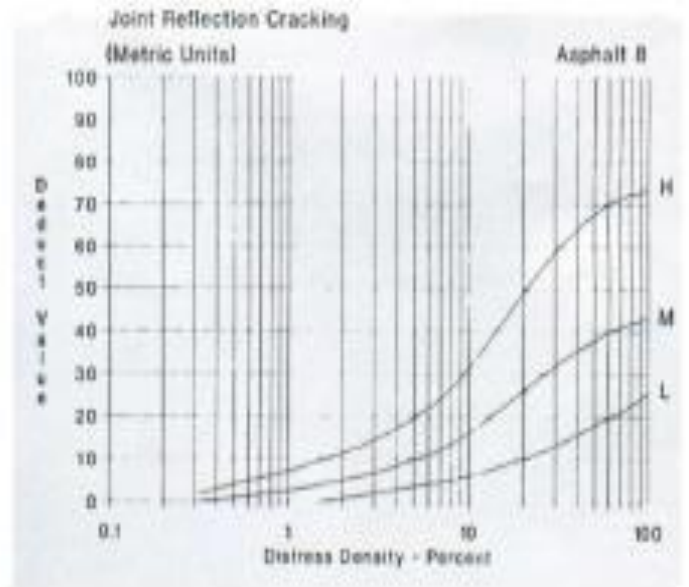
ANEXO 7

CURVAS DE VALOR DEDUCIDOS PARA PAV. FLEXIBLE

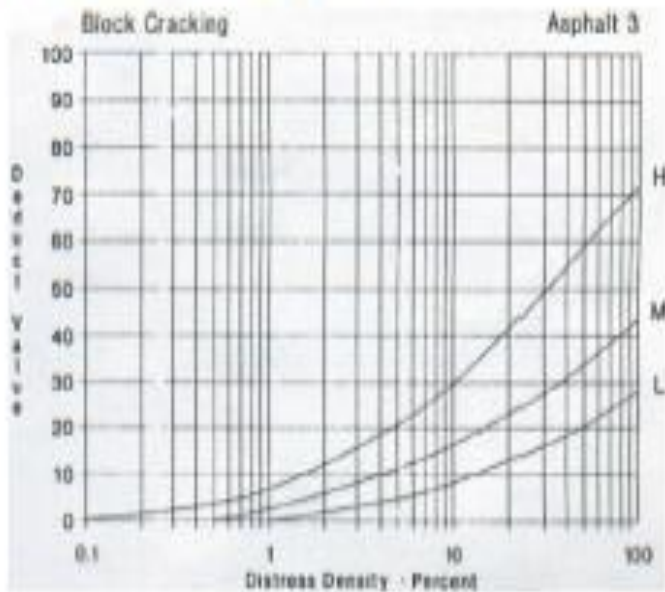
7. Grieta de Borde



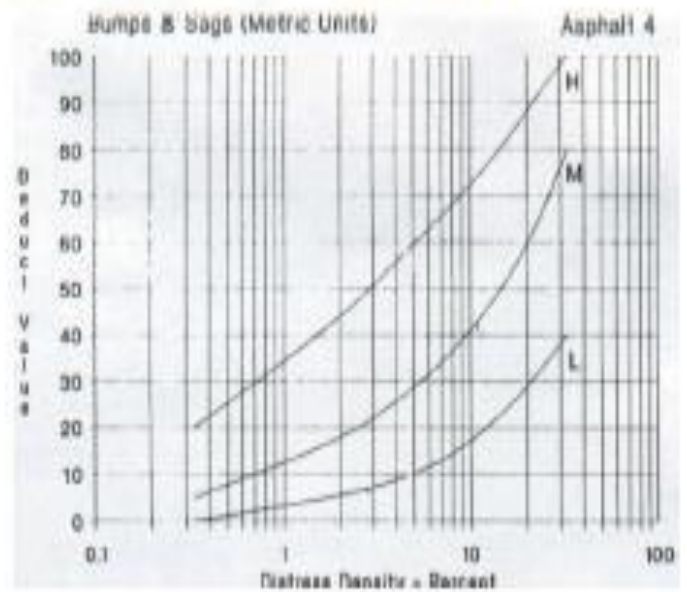
8. Grieta de Reflexión de Junta



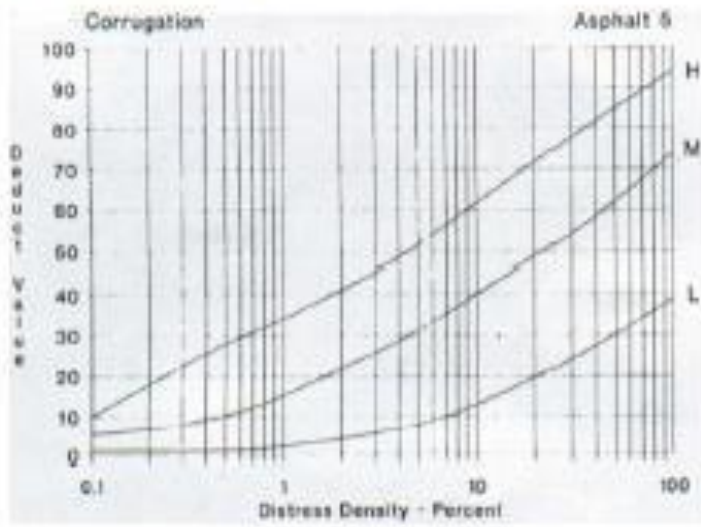
3. Agrietamiento en Bloque



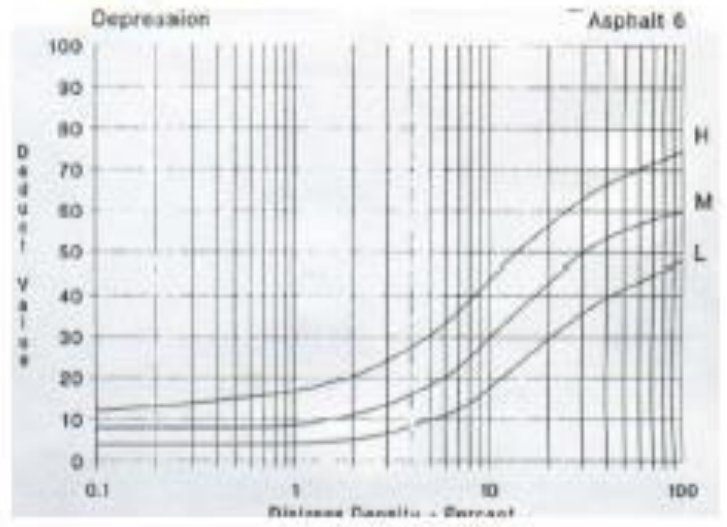
4. Abultamientos y Hundimientos



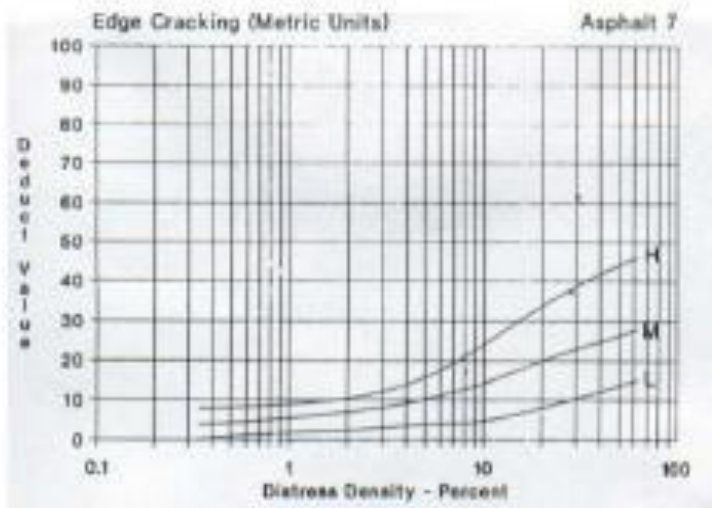
5. Corrugación



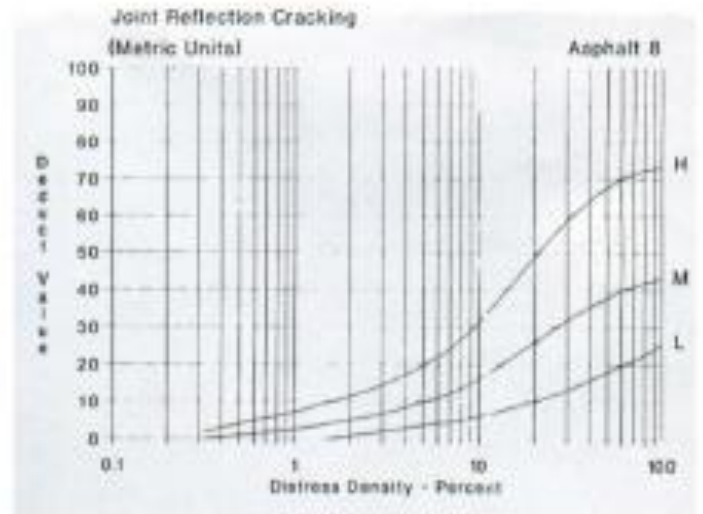
6. Depresión



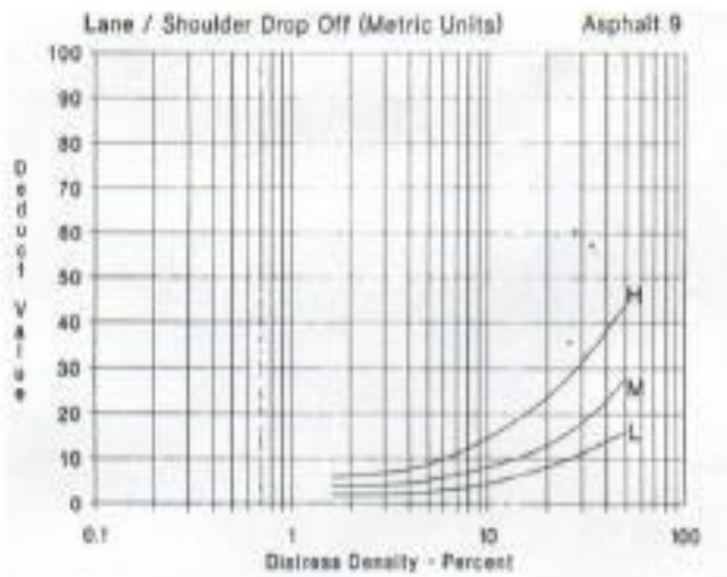
7. Grieta de Borde



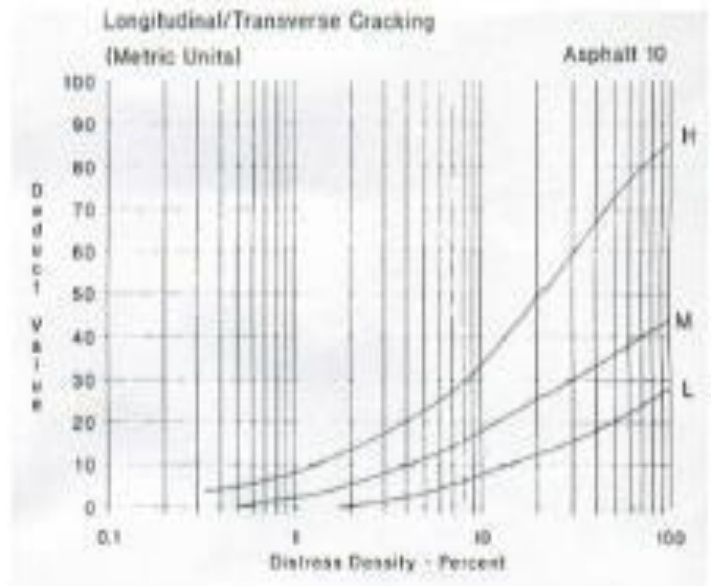
8. Grieta de Reflexión de Junta



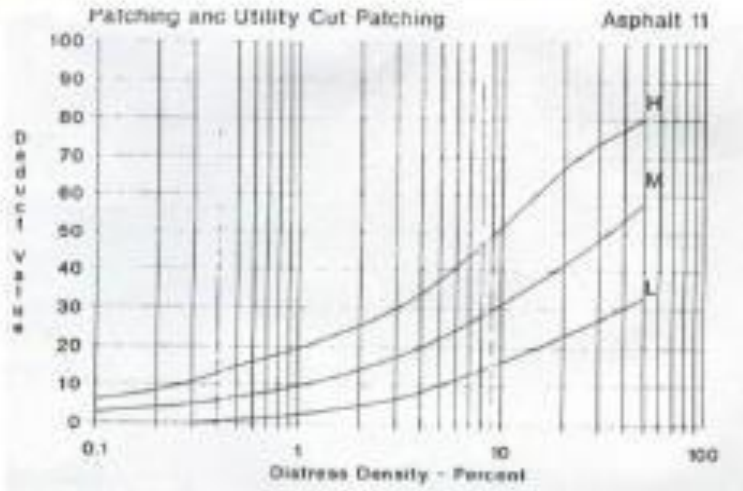
9. Desnivel Carril / Berma



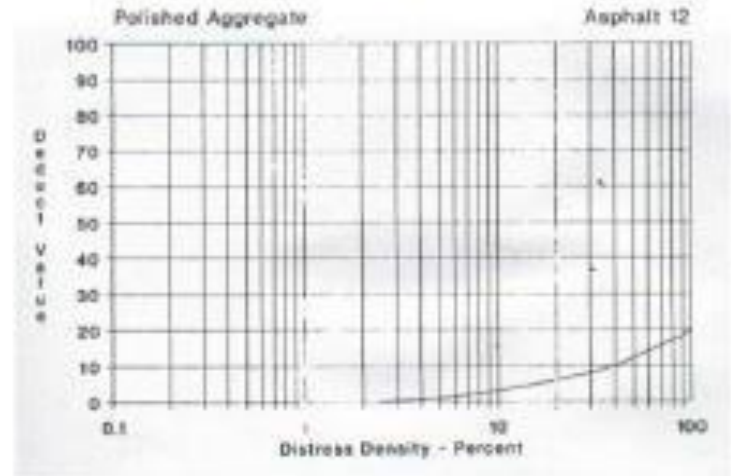
10. Grietas Longitudinales y Transversales



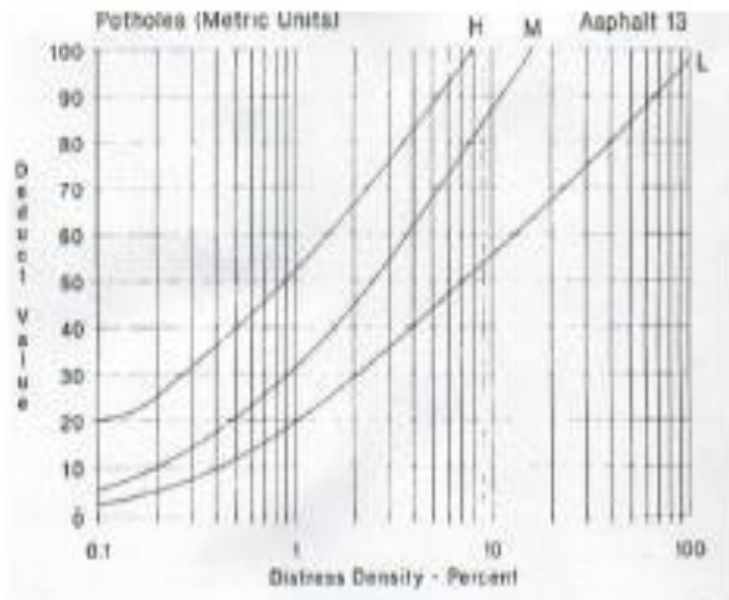
11. Parqueo y acometidas de servicio



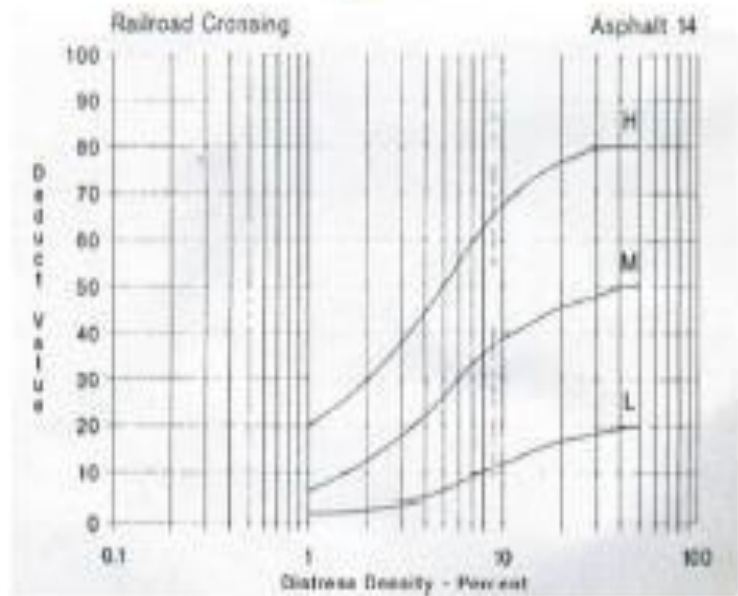
12. Pulimiento de agregados



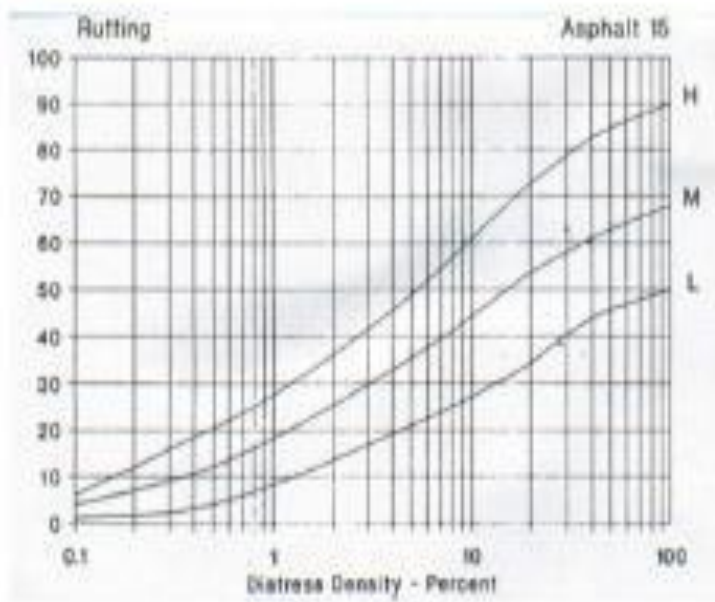
13. Huecos



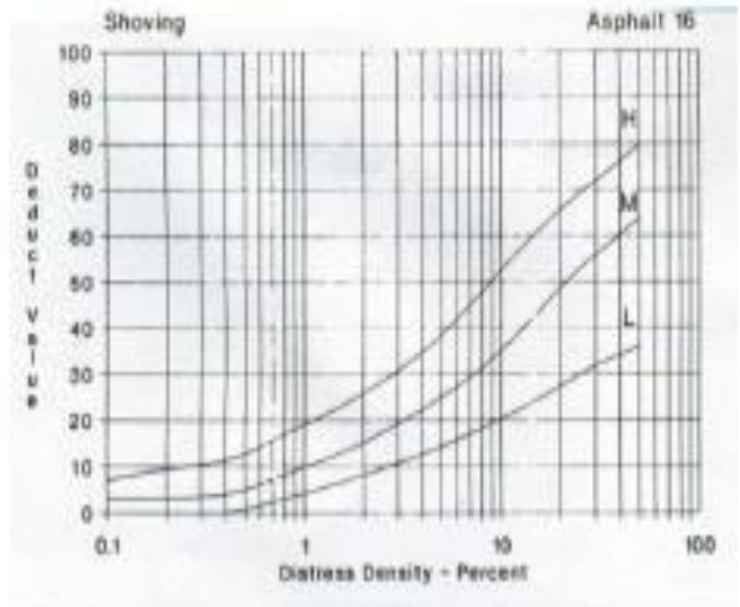
14. Cruce de Via Férrea



15. Ahuellamiento

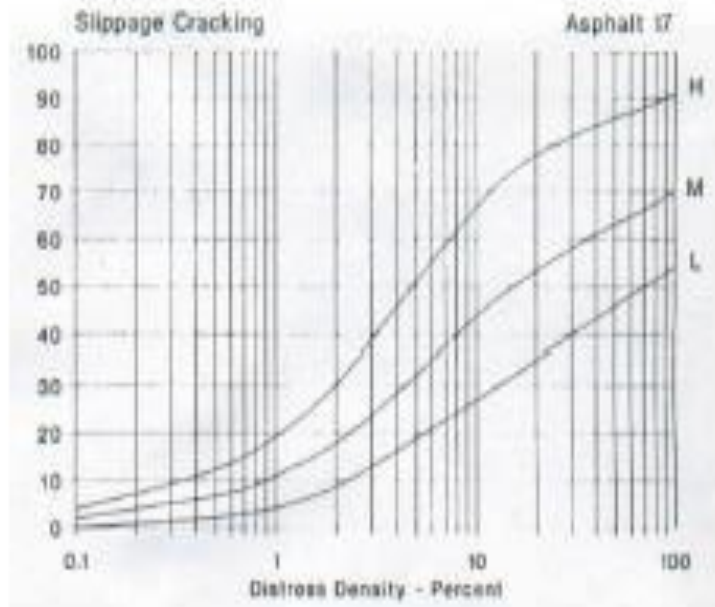


16. Desplazamiento

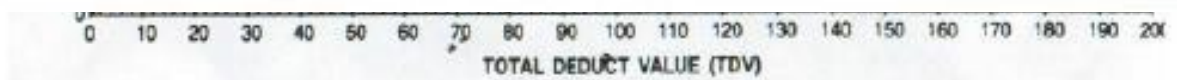
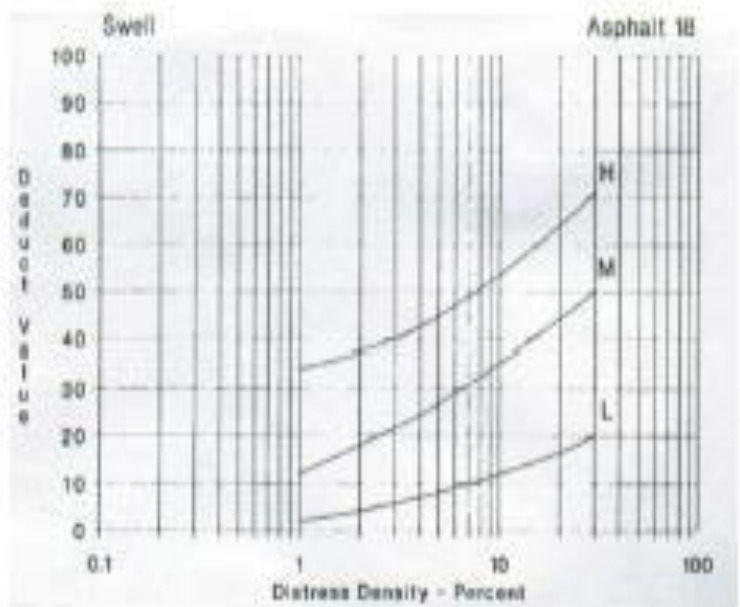


Curva de Corrección

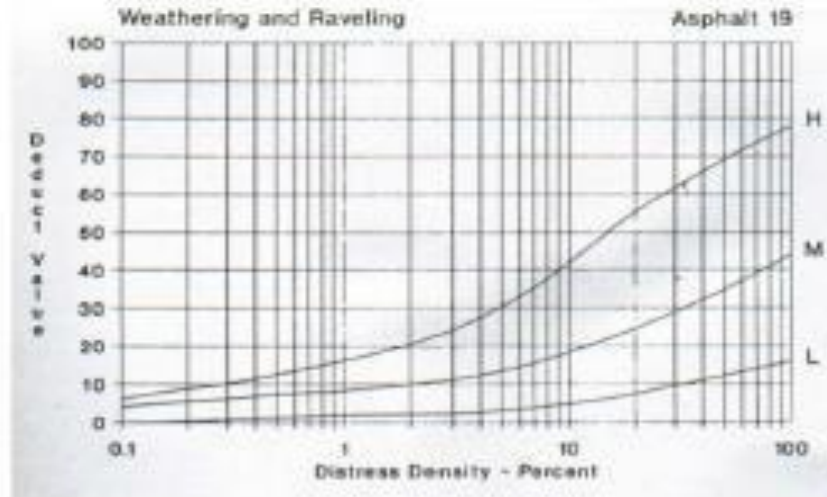
17. Grietas Parabólicas o por deslizamiento



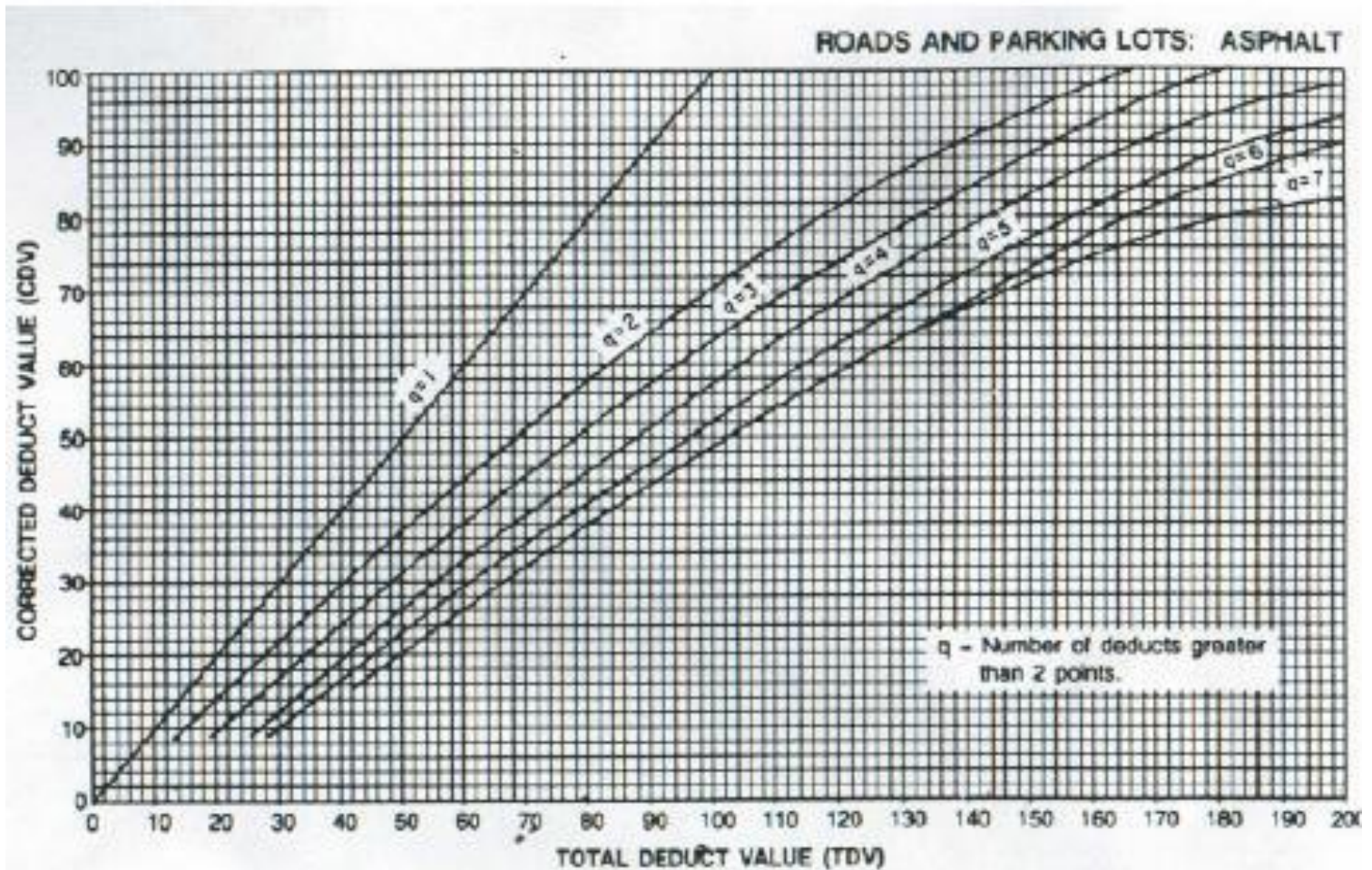
18. Hinchamiento



19. Meteorización / Desprendimiento de Agregados



Curva de Corrección



ANEXO 8

MODELO DE DEFORMACIONES ELÁSTICAS CON EL SOFTWARE KENPAVE

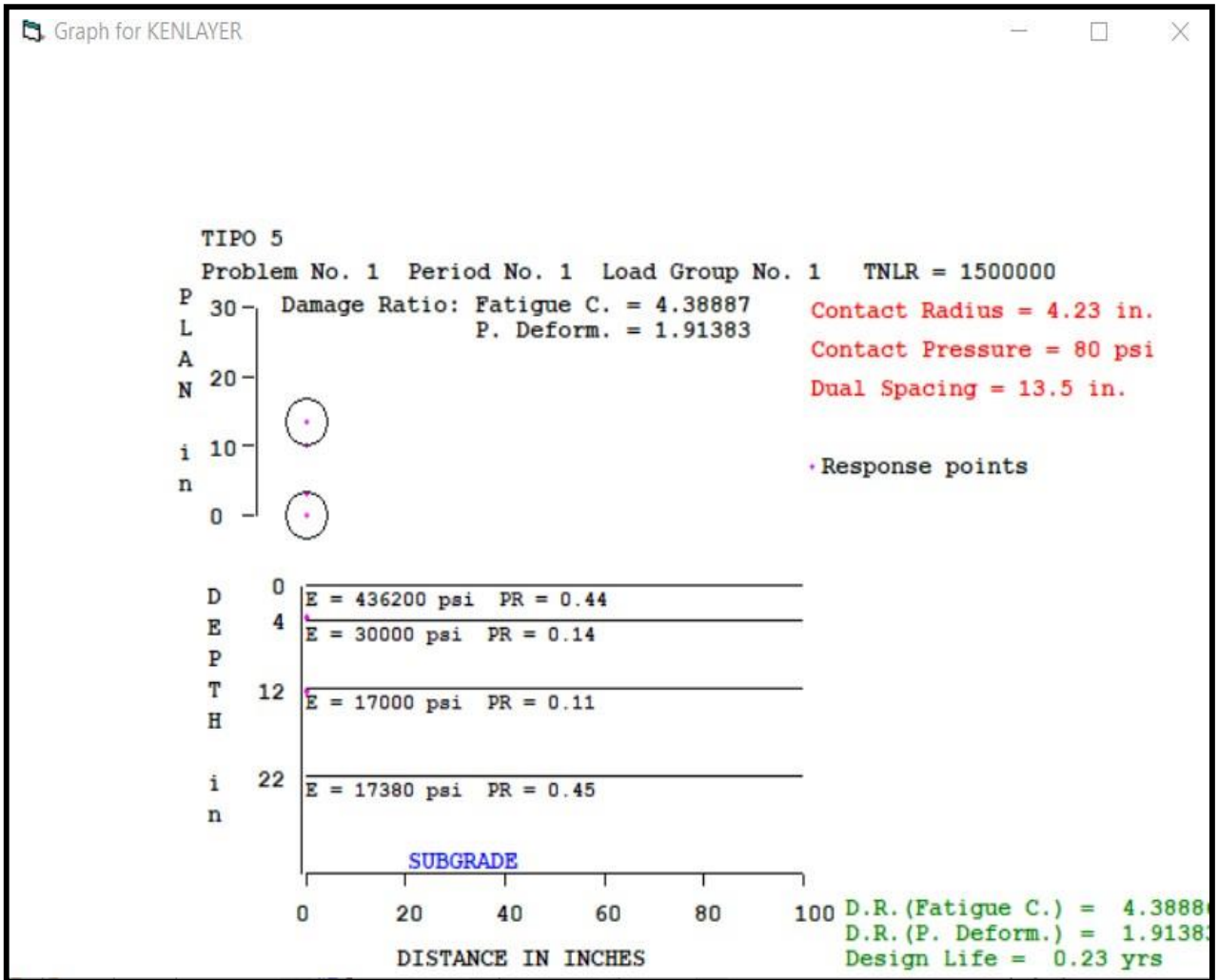


Figura N°31: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp5-KENPAVE

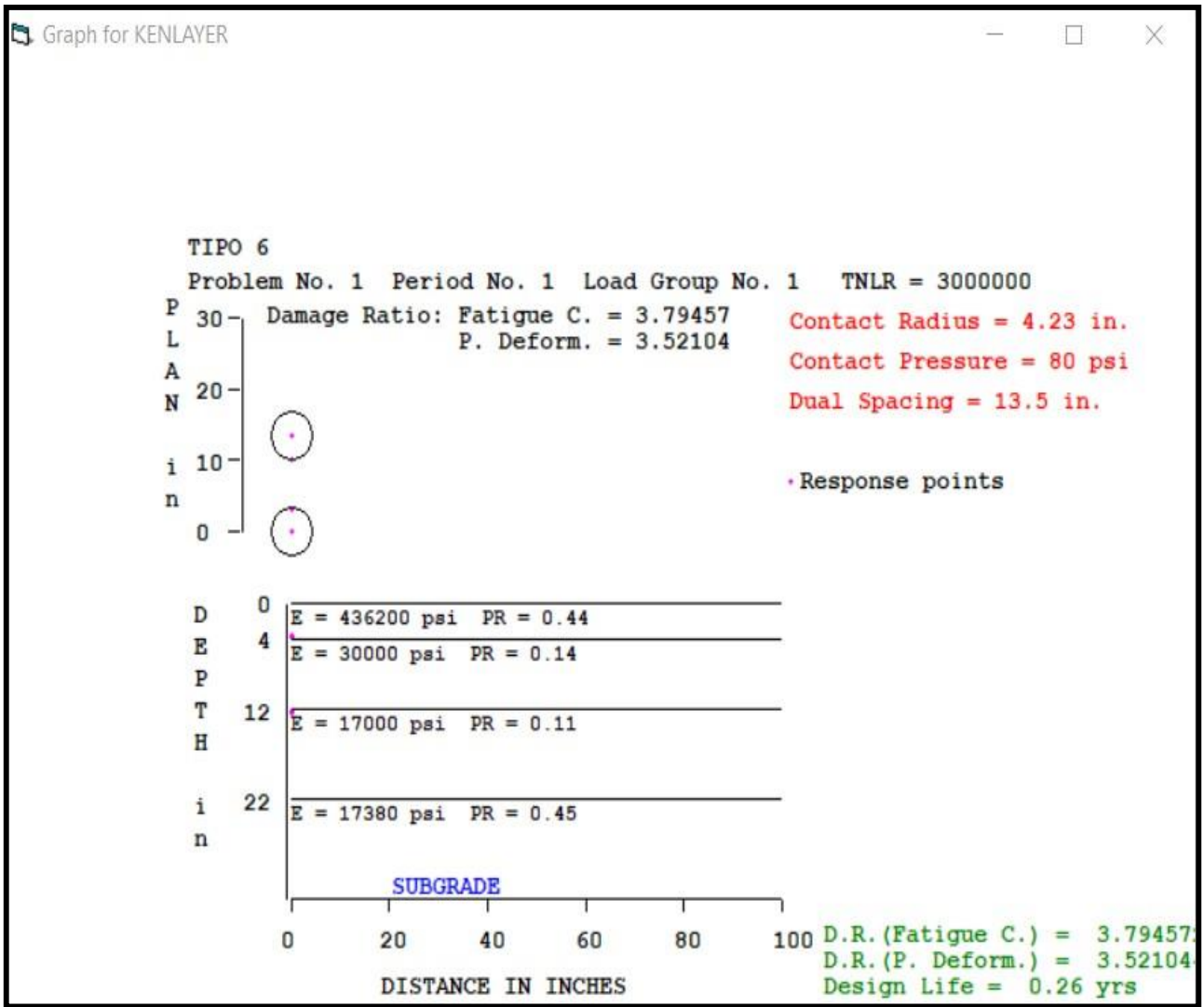


Figura N°32: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp6-KENPAVE

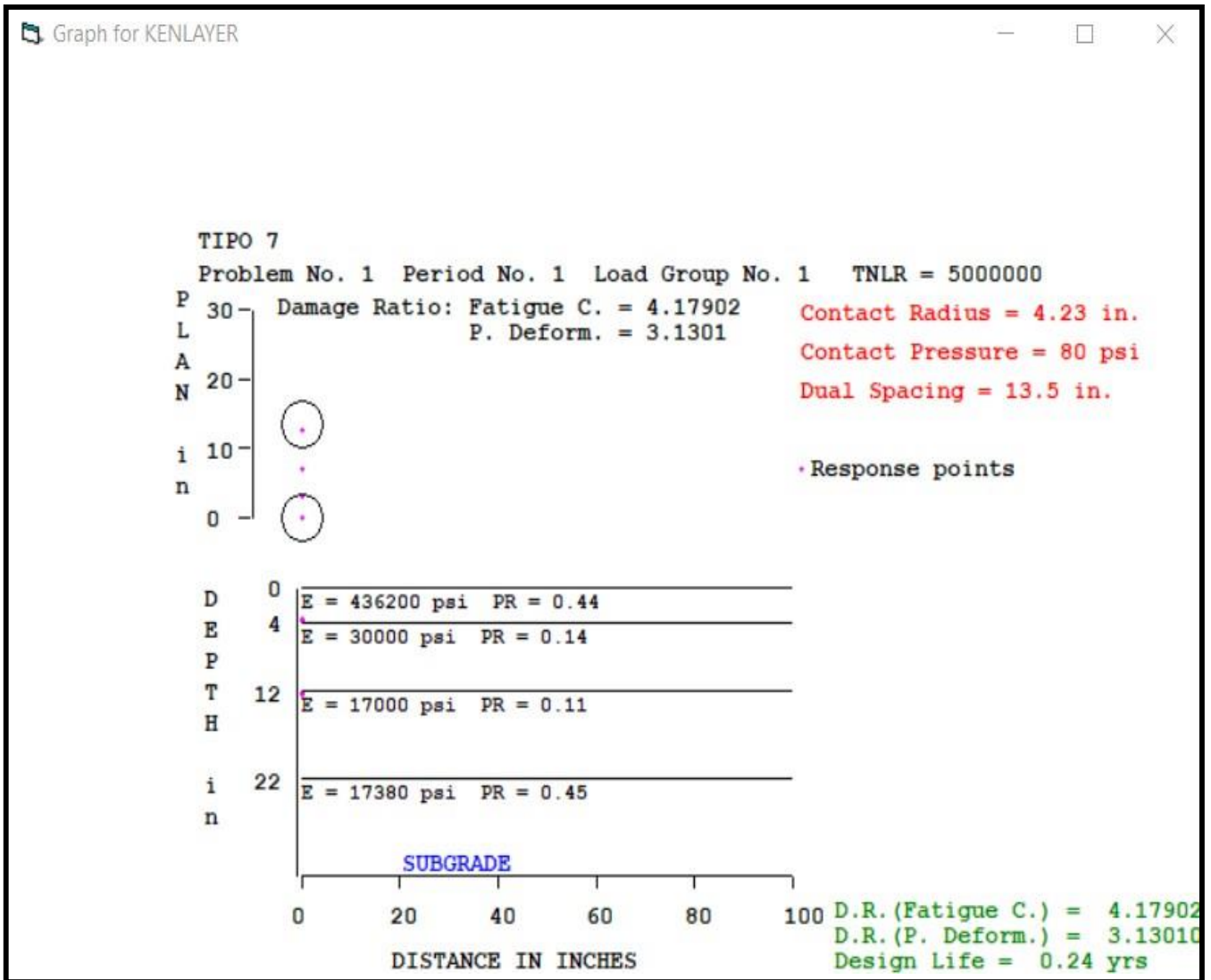


Figura N°33: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp7-KENPAVE

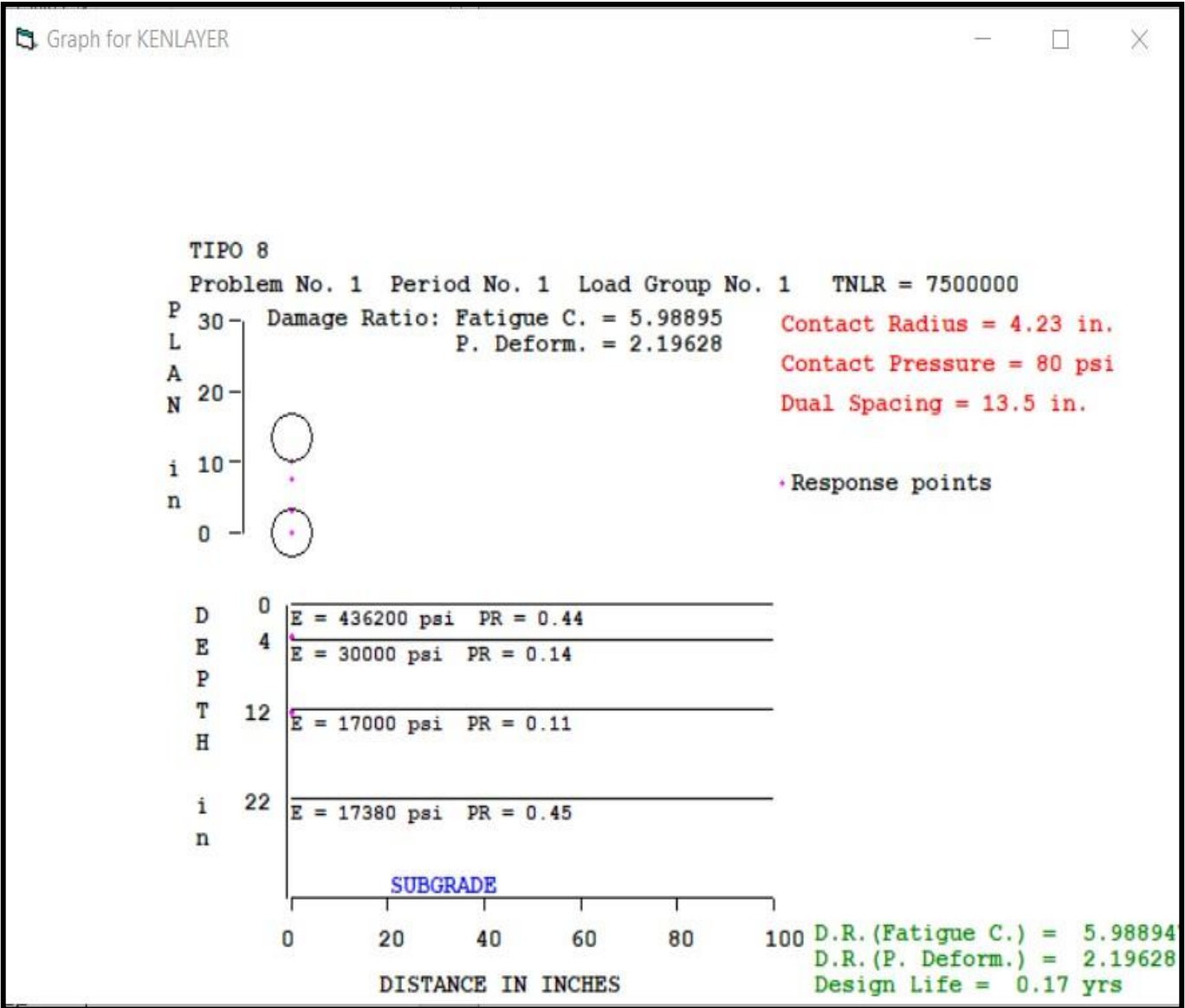


Figura N°34: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp8-KENPAVE

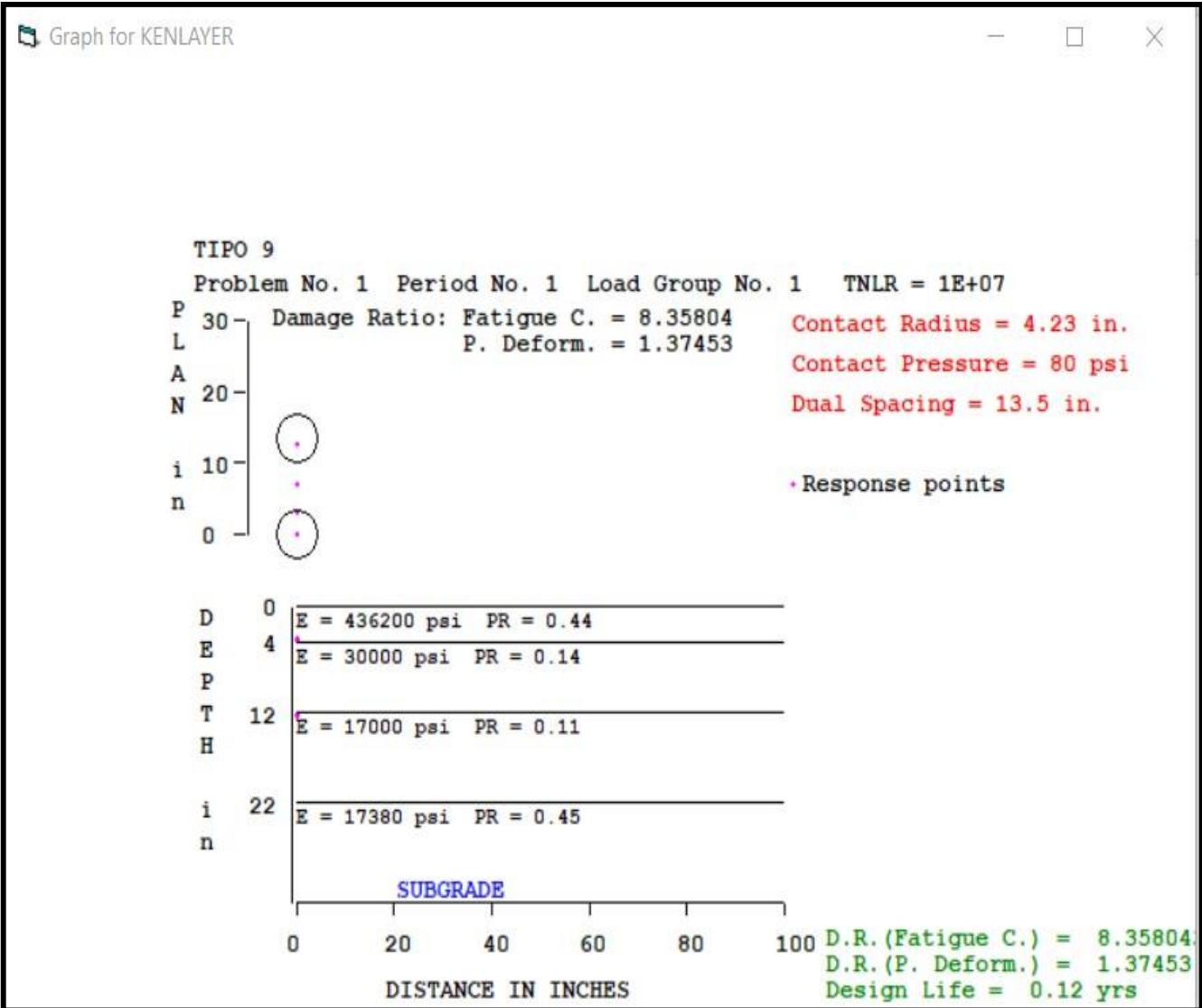


Figura N°35: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp9-KENPAVE

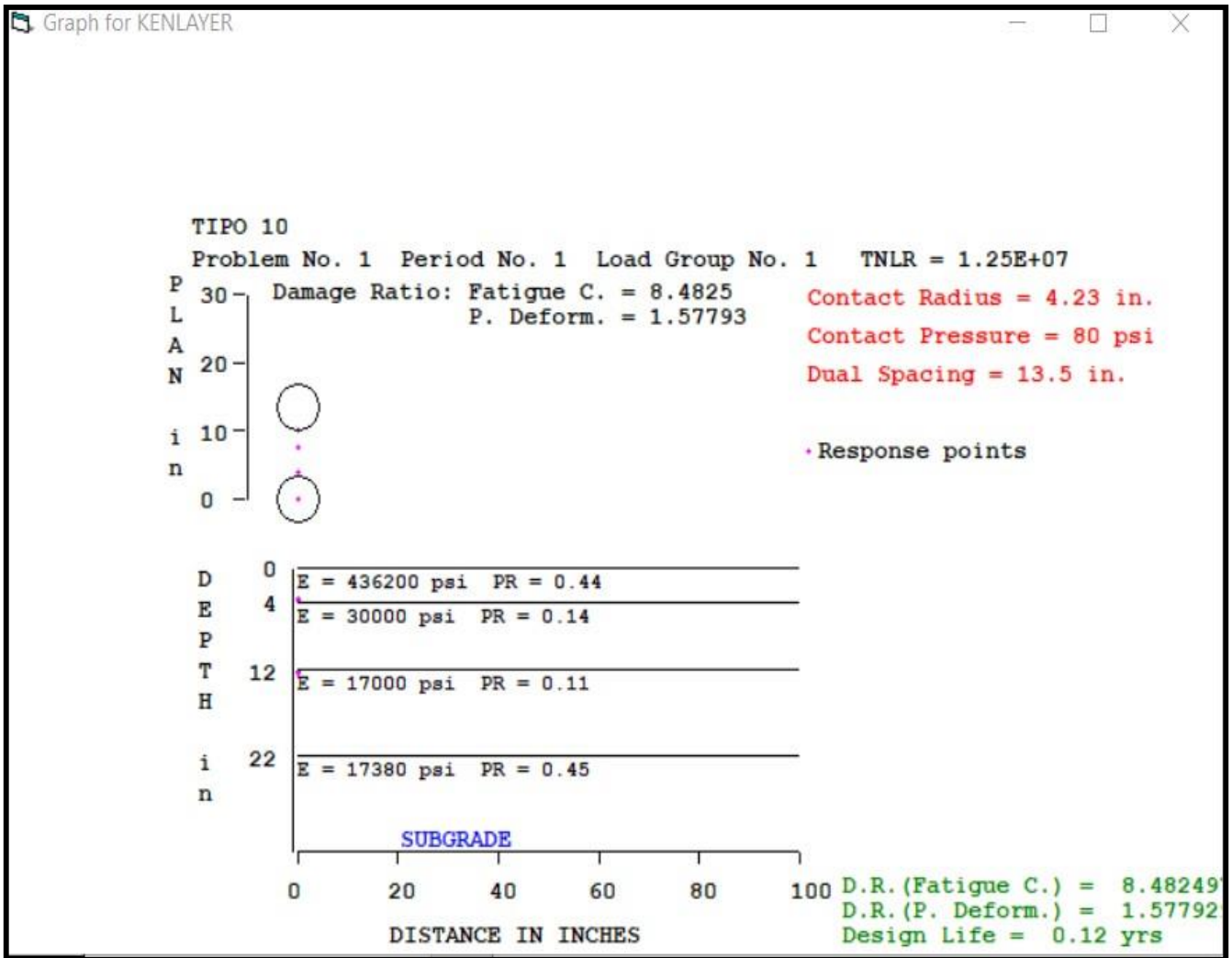


Figura N°36: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp10-KENPAVE

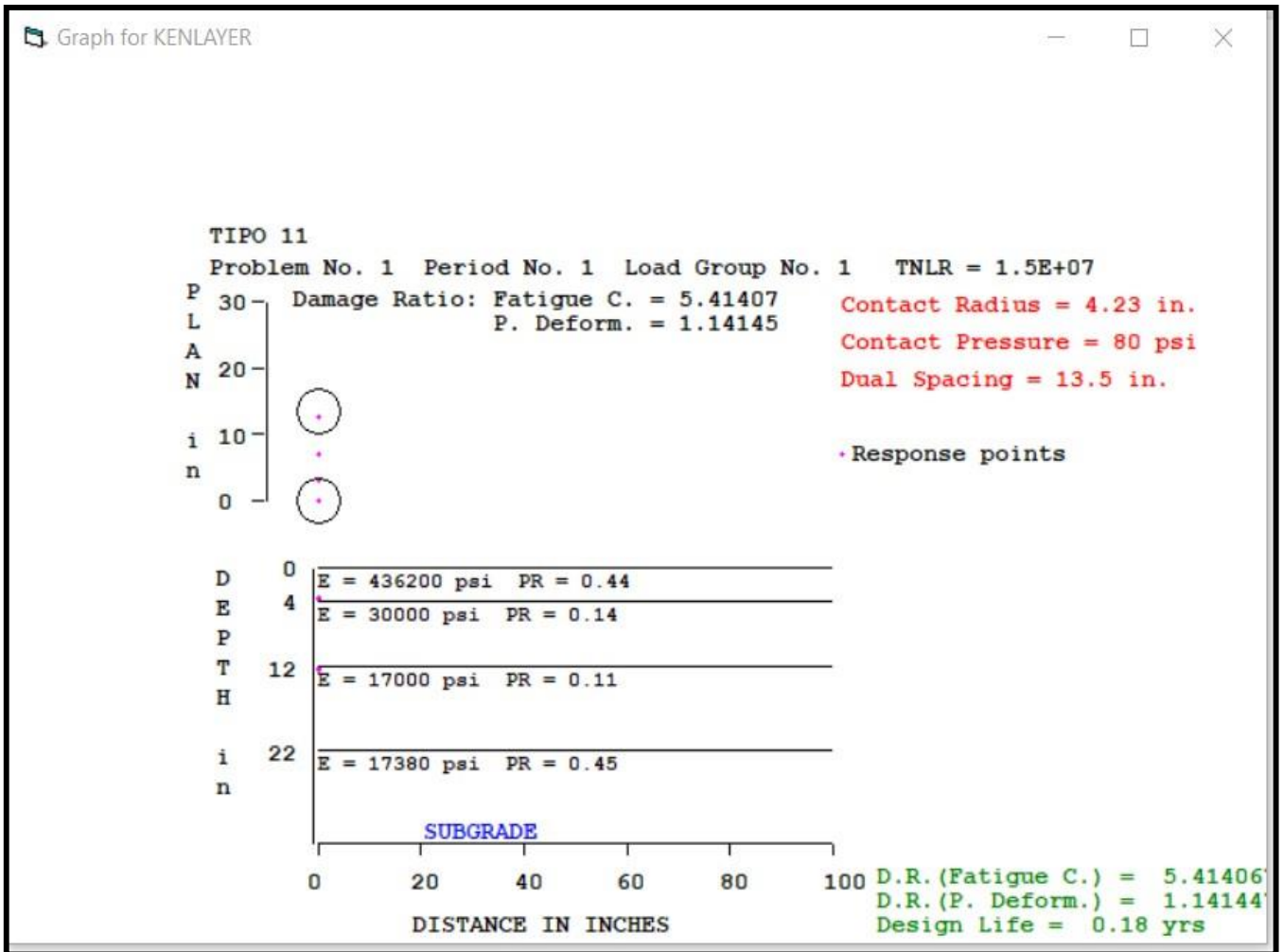


Figura N°37: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp11-KENPAVE

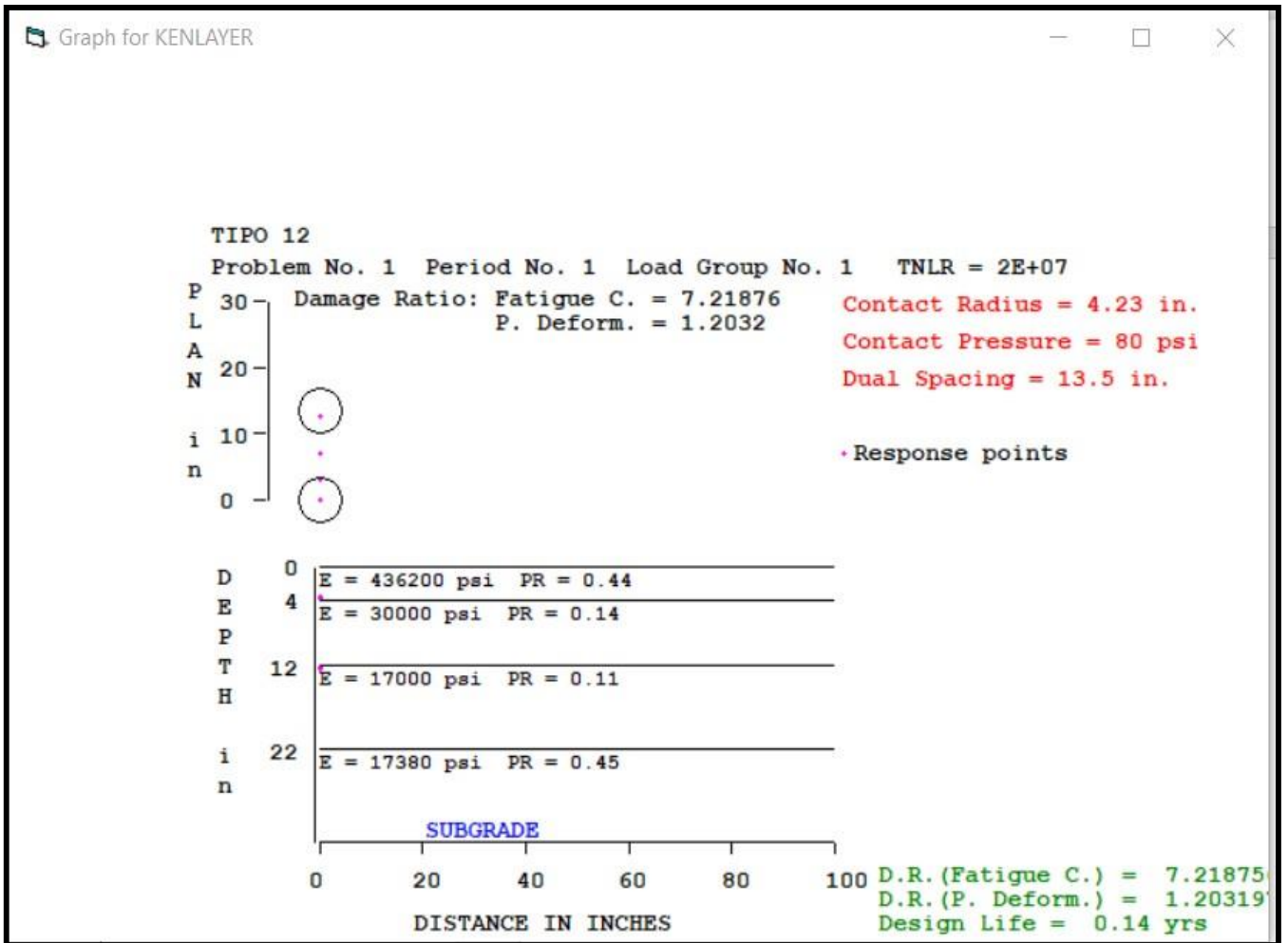


Figura N°38: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp12-KENPAVE

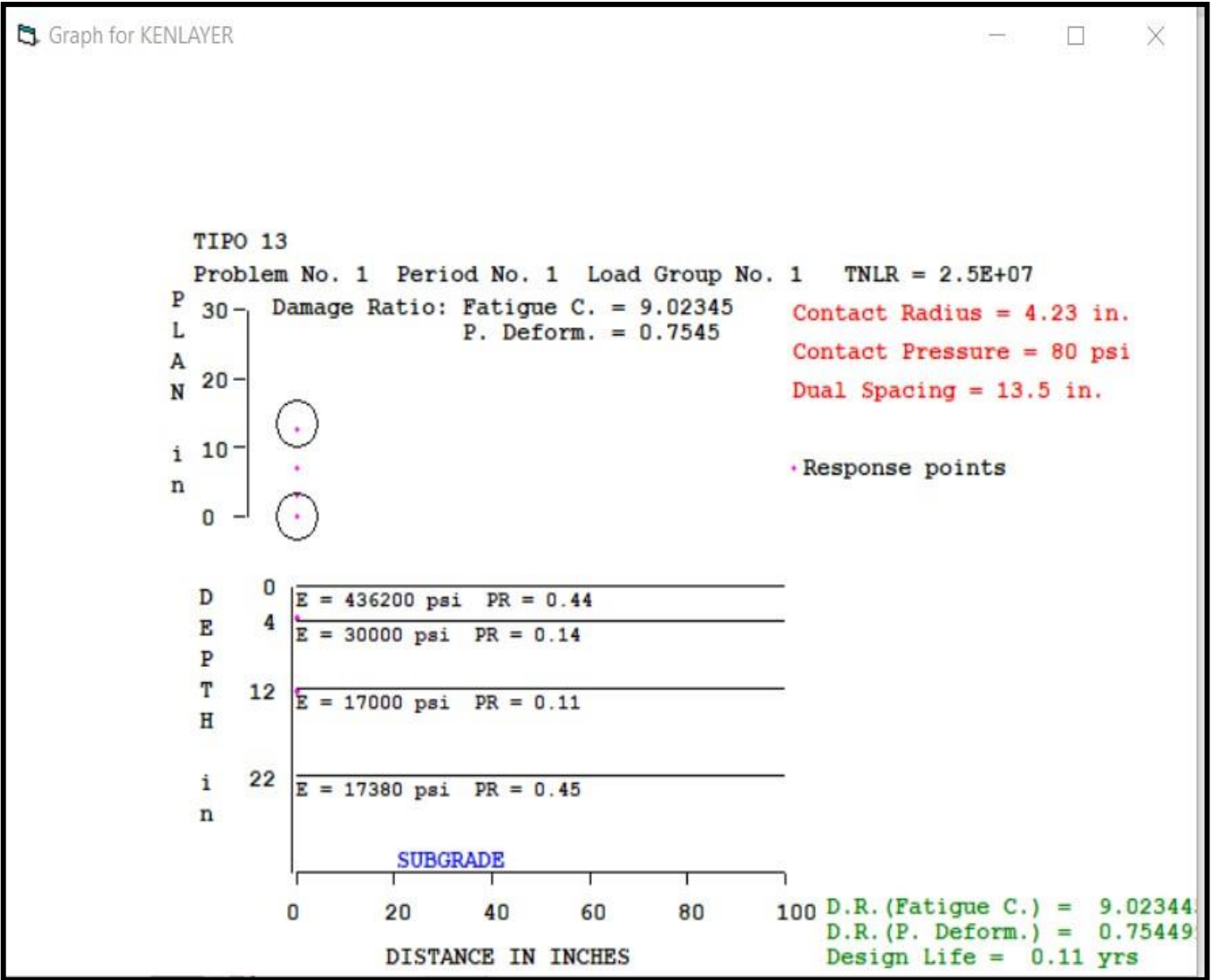


Figura N°39: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp13-KENPAVE

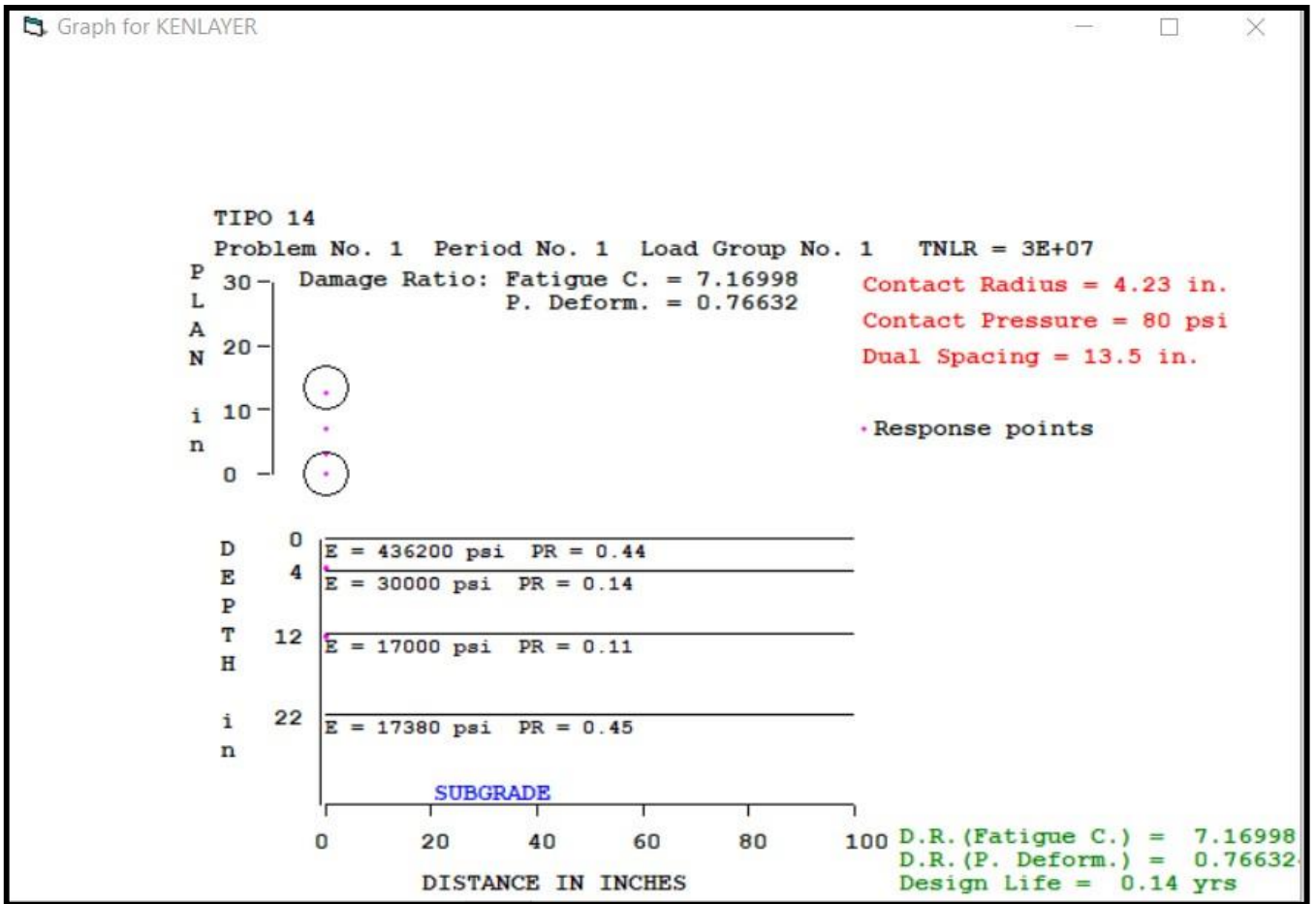


Figura N°40: Modelo estructural para un tráfico tipo Tp14-KENPAVE

ANEXO 9

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE LA INVESTIGACION

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellido y Nombre del validador: Mechan Venegas, Manuel Leonel
- 1.2 Institución donde labora: Gestión de proyectos/ GHS Constructora.
- 1.3 Especialidad del validador: Ingeniero Civil
- 1.4 Nombre de instrumento: Hoja de registro para el PCI

Hago constar que he revisado el proyecto de investigación Análisis mecánico empírico y criterios de fallas de las estructuras del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Ate 2020; con fines de validación y confiabilidad del instrumento diseñado por las investigadoras, Valia Natalia Ferreyra Sarmiento y Lesly Adriana Guillermo Huari, luego de haber realizado las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Ing. Mechan Venegas, Manuel Leonel

CRITERIOS	INDICACIONES	Deficiente (00-20%)	Regular (21-40%)	Buena (41-60%)	Muy buena (61_80%)	Excelente (81-100%)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				75%	
Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80%	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					82%
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y claridad.					85%
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				68%	
Consistencia	Basado en aspectos técnicos-científicos.					90%
Coherencia	Entra los índices, indicadores y dimensiones.					92%
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				75%	
Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN = 82%						

DNI: 25435687

CIP: 76649

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE LA INVESTIGACION

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellido y Nombre del validador: Bautista Ñaupari, Jesús Cristian

1.1 Cargo e institución donde labora: Sub gerente de obras públicas/Municipalidad distrital San Antonio de Huarochiri.

1.2 Especialidad del validador: Ingeniero Civil

1.3 Nombre de instrumento: Hoja de registro para el PCI

Hago constar que he revisado el proyecto de investigación Análisis mecánico empírico y criterios de fallas de las estructuras del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Ate 2020; con fines de validación y confiabilidad del instrumento diseñado por las investigadoras, Valia Natalia Ferreyra Sarmiento y Lesly Adriana Guillermo Huari, luego de haber realizado las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICACIONES	Deficiente (00-20%)	Regular (21-40%)	Buena (41-60%)	Muy buena (61_80%)	Excelente (81-100%)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				70%	
Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					85%
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					82%
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y claridad.					85%
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				78%	
Consistencia	Basado en aspectos técnicos-científicos.					90%
Coherencia	Entra los índices, indicadores y dimensiones.					95%
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				70%	
Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN = 83%						

Ing. Bautista Ñaupari, Jesús Cristian

DNI: 43455462

CIP: 225773

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE LA INVESTIGACION

I. DATOS GENERALES

1.2 Apellido y Nombre del validador: Bautista Ñaupari, Jesús Cristian

1.1 Cargo e institución donde labora: Sub gerente de obras públicas/Municipalidad distrital San Antonio de Huarochiri.

1.2 Especialidad del validador: Ingeniero Civil

1.3 Nombre de instrumento: Hoja de registro para el PCI

Hago constar que he revisado el proyecto de investigación Análisis mecánico empírico y criterios de fallas de las estructuras del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Ate 2020; con fines de validación y confiabilidad del instrumento diseñado por las investigadoras, Valia Natalia Ferreyra Sarmiento y Lesly Adriana Guillermo Huari, luego de haber realizado las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICACIONES	Deficiente (00-20%)	Regular (21-40%)	Buena (41-60%)	Muy buena (61_80%)	Excelente (81-100%)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80%	
Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				75%	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					85%
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y claridad.					85%
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80%	
Consistencia	Basado en aspectos técnicos-científicos.					95%
Coherencia	Entra los índices, indicadores y dimensiones.					90%
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				75%	
Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN = 84%						

Ing. Tacza Zevallos, John Nelinho

DNI:10054349

CIP: 121824

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE LA INVESTIGACION

I. DATOS GENERALES

1.3 Apellido y Nombre del validador: Martinez Curi Aracely Anai

1.1 Cargo e institución donde labora: Ingeniera residente/Incot

1.2 Especialidad del validador: Ingeniero Civil

1.3 Nombre de instrumento: Hoja de registro para el PCI

Hago constar que he revisado el proyecto de investigación Análisis mecánico empírico y criterios de fallas de las estructuras del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Ate 2020; con fines de validación y confiabilidad del instrumento diseñado por las investigadoras, Valia Natalia Ferreyra Sarmiento y Lesly Adriana Guillermo Huari, luego de haber realizado las observaciones pertinentes puedo formular las siguientes apreciaciones:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICACIONES	Deficiente (00-20%)	Regular (21-40%)	Buena (41-60%)	Muy buena (61_80%)	Excelent e (81- 100%)
Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					85%
Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80%	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					95%
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y claridad.					97%
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				85%	
Consistencia	Basado en aspectos técnicos-científicos.					95%
Coherencia	Entra los índices, indicadores y dimensiones.					86%
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				75%	
Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					93%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN = 88%						

Ing. Martinez Curi Aracely Anai

DNI:72410137

CIP: 236694

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA AVENIDA METROPOLITANA VIA AUXILIAR



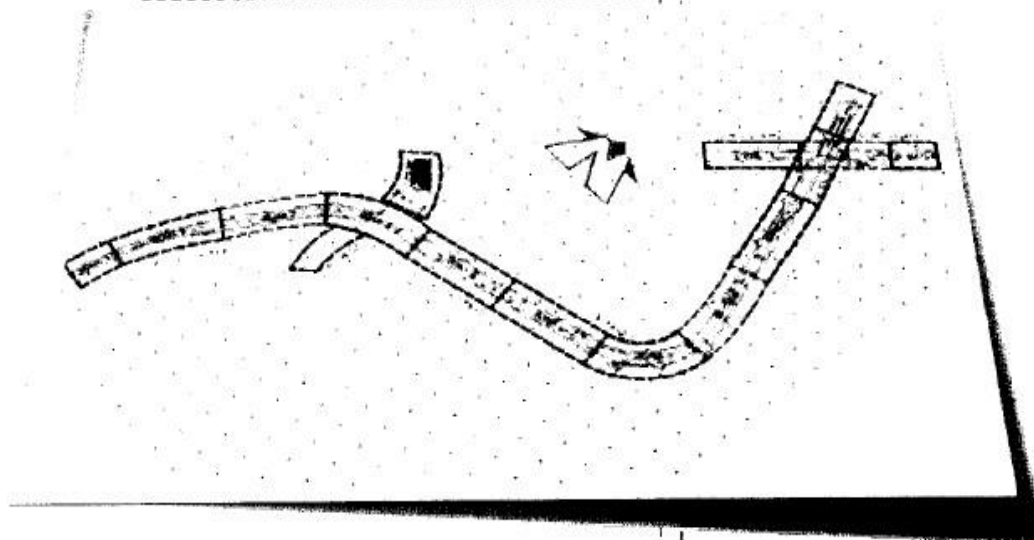
EXPEDIENTE TECNICO

"MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DE LA AV. JAVIER PRADO, TRAMO ESTADIO MONUMENTAL - AV. METROPOLITANA Y CONSTRUCCION DEL PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCION VIAL DE LA AV. JAVIER PRADO - AV. NICOLAS AYLLON, DISTRITO DE ATE, PROVINCIA DE LIMA - LIMA"

COMPONENTE
CONSTRUCCION DEL PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCION VIAL DE LA AV. JAVIER PRADO - AV. NICOLAS AYLLON

VOLUMEN I – MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA DESCRIPTIVA
ESTUDIO DE TRANSITO
PLAN DE DESVIO
LEVANTAMIENTO DE DAÑOS Y DIAGNOSTICO



**CONSORCIO
JAVIER PRADO**

5.12.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE (VIAS AUXILIARES)

METODO DE DISEÑO ADOPTADO

El pavimento flexible se diseñará empleando la metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) versión 1993, que establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado Número Estructural, el cual se calcula en función de:

- El tráfico que circulará por la vía durante un determinado número de años (período de diseño).
- La resistencia del suelo natural (sub-rasante) que soportará al pavimento.
- Los niveles de serviciabilidad.

Asimismo, deben considerarse diversos factores de seguridad que garanticen que la solución obtenida cumpla con un determinado nivel de confianza, los mismos que funcionan a través de determinados parámetros estadísticos.

El método de la AASHTO versión 1993, proporciona la siguiente ecuación para calcular el Número Estructural Total (SN), el mismo que debe satisfacer la estructura del pavimento:

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

Donde:

- W18 : Número acumulado de repeticiones del eje de 8,2 ton, también llamado Ejes Equivalentes (EE Equivalentes)
- Zr : Desviación Estándar Normal
- So : Desviación Estándar Total
- Δ PSI : Índice de Serviciabilidad presente (Pi - Pt) ó pérdida de la Serviciabilidad.
- Pi : Serviciabilidad Inicial
- Pt : Serviciabilidad Final
- MR : Módulo de Resiliencia de la Sub rasante
- SN : Número Estructural indicador del espesor total del pavimento.

PARAMETROS CONSIDERADOS POR EL METODO AASHTO 93

137

- **Módulo resiliente (Mr)**

De acuerdo el estudio de suelos tenemos un Módulo de Resiliencia de:

$$Mr = 17716 \text{ (psi)} = 1245.43 \text{ kg/cm}^2$$

- **Confiabilidad (R%)**

Estos parámetro son similares a los adoptados para el diseño del pavimento rígido

El nivel de confiabilidad recomendado es:

$$R = 90.0\%.$$

Para 90% de Nivel de Confiabilidad nos resulta:

$$Z_r = -1.282.$$

- **Error Estándar Combinado (So)**

Por otro lado, considerando que se ha efectuado un Estudio de Tráfico detallado, que ha incluido consideraciones respecto a cargas de los vehículos, se adopta para pavimento flexible:

Según el Método AASHTO 93	Desviación Estándar Total (So)	
Pavimentos Flexibles	0.40	0.45

$$So = 0,45$$

- **Serviciabilidad.**

La serviciabilidad de un pavimento está definida como su habilidad para servir al tipo de tráfico (automóviles y camiones) que usa la vía.

Se propone, en base al desarrollo de otros proyectos similares que el índice de serviciabilidad inicial sea de $P_o = 4.0$ y el índice de serviciabilidad final $P_t = 2.5$ (Tabla 6), por lo que la disminución del índice de serviciabilidad será 1.5

Indice de Serviciabilidad	Sugerido	
p_i : Serviciabilidad Inicial	4.2	Para pavimentos flexibles
p_t : Serviciabilidad Final	2.5	Para vías importantes
	2.0	Para vías de menor tránsito

Tabla 6 – Fuente: AASHTO

Obtenemos: $\Delta PSI = 1.5$

CONSORCIO JAVIER PRADO
Ing. Luis A. Barbieri Quina

• **Coefficiente de Capas (ai)**

El método AASHTO asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_i), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN). A continuación se tiene una tabla de valores para esos coeficientes

COEFICIENTE DE RESISTENCIA RELATIVA DE LAS DIFERENTES CAPAS DE UN PAVIMENTO

COMPONENTES DE UN PAVIMENTO	COEFICIENTES ⁽³⁾		
	a_1	a_2	a_3
CAPA DE RODAMIENTO			
Mezcla in situ (estabilidad baja)	0.2		
Mezcla en planta (estabilidad alta)	0.44*		
Arena asfalto	0.4		
CAPA DE BASE			
Grava arenosa		0.07 ⁽²⁾	
Piedra picada		0.14*	
BASE TRATADA CON MATERIAL BITUMINOSO			
De gradación gruesa		0.30 ⁽²⁾	
Arena asfalto		0.25	
BASE TRATADA CON CAL		0.15-0.30	
SUBBASE			0.11*
Grava arenosa			0.05-0.10
Arena o arcilla arenosa			

Consideramos los siguientes parámetros:

Para el concreto asfáltico: $a_1 = 0.44$ (estabilidad mínima 815 kg)

Para el base granular con CBR igual a 100: $a_2 = 0.14$

Para la sub base con CBR igual a 40: $a_3 = 0.11$

Se utilizará un cemento asfáltico de PEN 60/70

Los espesores de las capas respectivas se pueden determinar cómo se indica en la siguiente figura:

CONSORCIO JAVIER PRADO

CONSTRUCCION Y MEJORAMIENTO DE LA AV. JAVIER PRADO TRAMO: ESTADIO MONUMENTAL - AV. METROPOLITANA Y CONSTRUCCION DEL PASO A DESNIVEL DE LA INTERSECCION VIAL AV. JAVIER PRADO - AV. NICOLAS AYLLON* DISTRITO DE ATE - PROVINCIA DE LIMA
 COMPONENTE: CONSTRUCCION DEL PASO A DESNIVEL DE LA INTERSECCION VIAL AV. JAVIER PRADO - AV. NICOLAS AYLLON



VÍA AUXILIARES DE LA AVENIDA NICOLAS AYLLON

141

DISEÑO DE ESPESORES DEL PAVIMENTO

ECUACIÓN BASICA DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93

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

MATERIAL	EE	Periodo Diseño (años)	%R	ZR	S ₀	PSI _s	PSI _t	ΔPSI	M _R (psi)
Subrasante	1.73E+07	20	90%	-1.282	0.45	4.0	2.5	1.5	17716.00

DESCRIPCIÓN	SN	ECUACIÓN SOLUCIÓN
EC. Subrasante	4.11	-0.0000008

NUMERO ESTRUCTURAL

SN = a1xD1 + a2D2xm2 + a3 xD3xm3.....ecuación (1)

MATERIAL	a _i	m _i
Mezcla asfáltica	0.44	-
Base Granular	0.14	1.15
Sub Base Granular	0.11	1.15

ESPEORES MINIMOS (Pulgadas)

Tráfico, ESAL's	Concreto Asfáltico	Base de agregados
menos de 50 000	1.0 (o tra.)	4
50 001 - 150 000	2.0	4
150 001 - 500 000	2.5	4
500 001 - 2 000 000	3.0	6
2 000 001 - 7 000 000	3.5	6
mayor que 7 000 000	4.0	6

Según Aashto

Método Convencional

Reemplazamos el SN en la ecuación (1) donde obtendremos:

Posibles soluciones	Soluciones Di (Pulgadas)				
	Capas	Capas	Capas	Capas	Capas
SN		3.74	4.06	3.94	4.31
MAC		4	4	3	4
BASE		6	6	10	6
SUB-BASE		6	6	6	10
TOTAL (cm)					55

El Número estructural (SN) es 4.31

ESPEORES DEL PAVIMENTO

