



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el Índice Global del Pavimento (OPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores, 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Porras Rojas, Denis Fortunato (ORCID: 0000-0002-5035-0514)

ASESOR:

Mg. Ing. Pinto Barrantes, Raul Antonio (ORCID: 0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios

Supremo creador, por brindarme fortaleza y sabiduría para cumplir satisfactoriamente un objetivo más en mi vida.

Mis padres

Fortunato Porras Carbajal y Lucía Rojas Evangelista. Como el inicio de una recompensa a todos sus sacrificios dados hacia mi persona y por el inmenso amor que siempre recibí de ustedes.

Mis hermanos

Maritza, Judith, Rusbel, Lucía, por el apoyo incondicional que me brindaron, esperando que todo esto les sirva de motivación para que puedan lograr todas sus metas que se han propuesto en sus vidas.

A mi familia

Sobrinos, Cuñados, sobre todo a Rikelme, porque tu presencia me fortalece y me da motivos para salir adelante. A todos y cada uno gracias por el apoyo y cariño.

A mi Novia

Lulú, por su gran apoyo incondicional y motivación que me brindó en todo este proceso de investigación.

De. Porras.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por permitir tener en vida a mi familia y por bendecir cada pequeño paso que damos.

A mi familia por apoyarme incondicionalmente en cada decisión tomada, gracias por permitirme cumplir con excelencia el desarrollo de esta investigación, gracias por creer en mí.

Al Mg. Ing. Raúl Antonio Pinto Barrantes, por su dedicación y esfuerzo, quien, con su experiencia, conocimientos y su motivación, ha logrado en mí a que pueda terminar con éxito la presente investigación.

No ha sido nada fácil el camino hasta este momento, pero gracias a su pequeño o gran aporte, a su inmensa bondad y apoyo, se ha logrado culminar la presente investigación. Les agradezco, y hago presente mi afecto hacia ustedes.

Gracias por todo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| Carátula | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de gráficos y figuras | vi |
| RESUMEN..... | vii |
| ABSTRACT..... | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 31 |
| 3.1. Tipo y diseño de Investigación | 31 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 31 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo..... | 33 |
| 3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos | 33 |
| 3.5. Procedimientos | 34 |
| 3.6. Método de análisis de datos..... | 35 |
| 3.7. Aspectos éticos | 35 |
| IV. RESULTADOS | 36 |
| V. DISCUSIÓN..... | 43 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 45 |
| VII. RECOMENDACIONES | 46 |
| REFERENCIAS | |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Tabla de clasificación funcional de la vía a través del OPI</i> | 14 |
| Tabla 2. <i>Tabla de clasificación IRI</i> | 15 |
| Tabla 3. <i>Equipos para la medición del IRI</i> | 17 |
| Tabla 4. <i>Clasificación de equipos para la medición del IRI</i> | 19 |
| Tabla 5. <i>Tabla de clasificación del MDR</i> | 26 |
| Tabla 6. <i>Niveles de severidad según el tipo fallas</i> | 28 |
| Tabla 7. <i>Cuadro de procesamiento de datos para la obtención del MDR</i> | 36 |
| Tabla 8. <i>Resumen por tramos del parámetro MDR</i> | 37 |
| Tabla 9. <i>Cuadro general del MDR promedio de la avenida evaluada</i> | 38 |
| Tabla 10. <i>Cuadro de procesamiento de datos para la obtención del IRI</i> | 39 |
| Tabla 11. <i>Cuadro de depuración de datos para el cálculo del IRI</i> | 40 |

ÍNDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1.</i> Sección transversal del pavimento flexible..... | 10 |
| <i>Figura 2.</i> Sección transversal del pavimento rígido | 11 |
| <i>Figura 3.</i> Definición gráfica de Rugosidad | 14 |
| <i>Figura 4.</i> Escala de valores Índice de Rugosidad Internacional | 16 |
| <i>Figura 5.</i> Nivel y Mira (Rod and Level) | 18 |
| <i>Figura 6.</i> Perfilógrafo..... | 18 |
| <i>Figura 7.</i> Esquema del rugosímetro Merlín..... | 21 |
| <i>Figura 8.</i> Cortes del esquema del rugosímetro Merlín | 21 |
| <i>Figura 9.</i> Configuración del tablero de Merlín..... | 22 |
| <i>Figura 10.</i> Instrumento de recolección de datos para el IRI..... | 23 |
| <i>Figura 11.</i> Medición de desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio..... | 24 |
| <i>Figura 12.</i> Histograma de la distribución de frecuencias..... | 25 |
| <i>Figura 13.</i> Nomogramas metodología PAVER – Pavimentos flexibles..... | 29 |
| <i>Figura 14.</i> Instrumento de recolección de datos para el MDR..... | 30 |
| <i>Figura 15.</i> Ubicación de la zona de estudio | 36 |
| <i>Figura 16.</i> Representación gráfica de la evaluación por tramos para el MDR | 38 |
| <i>Figura 17.</i> Histograma de frecuencias | 39 |

RESUMEN

En la presente tesis titulada: Evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el Índice Global del Pavimento (OPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores, 2020. Tiene como objetivo efectuar la evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el índice global del pavimento (OPI), para conocer el estado actual de la avenida Los Eucaliptos en el distrito de San Juan de Miraflores.

El enfoque fue cuantitativo y según el tipo de investigación, aplicada. Diseño no experimental de corte transversal. La población fue todo el pavimento conformado por la avenida Los Eucaliptos del distrito de San Juan de Miraflores, que son en total 1.8 km. Para el cálculo del OPI se tendrá en cuenta los requisitos mínimos para su determinación, estos son los parámetros MDR y el IRI, utilizando los instrumentos de recolección de datos para ambos; rugosímetro de MERLÍN y Configuración del tablero de MERLIN para el IRI; y nomogramas metodología PAVER para el MDR.

Luego de la evaluación se obtuvo como resultado un OPI de 73.36, clasificándola como muy buena según su condición; anterior a esto, se determinó los parámetros siendo el MDR de 83.18 y el IRI de 4.77 m/km, los cuales fueron indispensables para la obtención del OPI.

Palabras clave: Índice Global del Pavimento (OPI), Índice de Fallas Superficiales (MDR), Índice de Rugosidad Internacional (IRI), evaluación funcional y pavimento flexible.

ABSTRACT

In this thesis entitled: Functional evaluation of flexible pavement applying the Global Pavement Index (OPI), Los Eucaliptos avenue, San Juan de Miraflores, 2020. Its objective is to carry out the functional evaluation of flexible pavement applying the global pavement index (OPI), to know the current state of Los Eucaliptos avenue in the San Juan de Miraflores district. The approach was quantitative and, depending on the type of research, applied. Non-experimental cross-sectional design. The population consisted of the entire pavement made up of Los Eucaliptos avenue in the San Juan de Miraflores district, which is 1.8 km in total. To calculate the OPI, the minimum requirements for its determination will be taken into account, these are the MDR and IRI parameters, using the data collection instruments for both; MERLIN roughness meter and MERLIN board configuration for IRI; and PAVER methodology nomograms for the MDR. After the evaluation, an OPI of 73.36 was obtained, classifying it as very good according to its condition; Prior to this, the parameters were determined with the MDR of 83.18 and the IRI of 4.77 m / km, which were essential for obtaining the OPI.

Keywords: Global Pavement Index (OPI), Modified Distress Rating (MDR), International Roughness Index (IRI), functional evaluation and flexible pavement.

I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática que se observa en los **países latinoamericanos** respecto a la calidad de infraestructura del pavimento es bastante deficiente, con excepción de Chile que ocupa el lugar 27 de 141 países del Ranking mundial, según el Foro Económico Mundial al 2019; y respecto a la condición del pavimento, sufren fallas a consecuencia de la falta de mantenimiento y conservación adecuada, puesto que estas demandan gastos elevados y como consecuencia afecta de manera directa y significativa al desarrollo de los países; ya que a través de estos se generan las actividades económicas, culturales, sociales, etc.

En el Perú, en las últimas décadas ha sido afectada por el aumento inmensurable de la carga vehicular lo cual afecta directamente al pavimento de manera negativa, además en nuestro país dejan “morir” a la estructura antes de implementar un mantenimiento permanente y periódico; lo cual conlleva a ocupar el puesto 111 del ranking mundial.

En la avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores, la movilización de transporte privado es muy fluente, además de los factores climáticos variables que pasa dicho pavimento, hace que el pavimento falle de manera progresiva y por lo que se pudo observar la calzada se encuentra en un estado regular, lo cual afecta de manera inmediata el libre tránsito de los vehículos. La evaluación funcional del pavimento en dicha zona es necesaria y precisa para conocer su estado actual.

Es por esto que esta problemática debe ser analizada y se dará la siguiente formulación del **problema general**: ¿Cómo es la evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el índice global del pavimento (OPI), en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores - 2020?

La formulación del **problema específico** de esta investigación es ¿Cuáles son los valores de los parámetros para determinar el OPI, en la evaluación funcional del pavimento flexible, en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020?

La formulación del **problema específico** de esta investigación es ¿Cuál es el valor del OPI, en la evaluación funcional del pavimento flexible, en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020?

La formulación del **problema específico** de esta investigación es ¿Cuál es el estado funcional del pavimento flexible luego de identificar la escala de clasificación OPI en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020?

Justificación social: La avenida Los Eucaliptos une los distritos de San Juan de Miraflores, Surco y Chorrillos, siendo uno de los principales medios de economía por donde se transporta productos de primera necesidad abasteciendo a mercados cercanos a la zona de estudio. Por lo cual hace necesario efectuar la evaluación funcional de la vía.

Justificación teórica: La presente investigación busca incluir el parámetro OPI (Índice Global del Pavimento), en la evaluación funcional del pavimento por el IRI (Índice de Rugosidad Internacional) y el MDR (Índice de Fallas Superficiales), siendo ambos parámetros fundamentales para determinar el OPI, puesto que actualmente las metodologías más conocidas y utilizadas son el PCI (Índice de Condición Actual del Pavimento) y el VIZIR (Vision Inspection de Zones et Itinéraires Á Risque).

Justificación metodológica: Para llegar obtener los objetivos de esta investigación, se determinarán los índices tales como el MDR y el IRI, para el cálculo del OPI. Lo cual conlleva a la utilización de herramientas elaborados por mi persona, tomados como muestra de INVIAS de Colombia y de algunos libros e investigaciones de consulta que fue utilizado en este proyecto; tales como el instrumento de recolección de datos para ambos parámetros.

Como **objetivo general** de esta investigación será efectuar la evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el índice global del pavimento (OPI) en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020.

Como **objetivo específico** de esta investigación será calcular los valores de los parámetros para determinar el OPI, en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020.

Como **objetivo específico** de esta investigación será determinar el valor del OPI en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020.

Como **objetivo específico** de esta investigación será determinar el estado funcional del pavimento flexible luego de identificar la escala de clasificación OPI en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020.

La **Hipótesis General** que se plantea es que la evaluación funcional del pavimento flexible nos permite conocer el estado actual de la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020.

La **Hipótesis específica** que se plantea es que se obtienen los valores de los parámetros para determinar el OPI en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020.

La **Hipótesis específica** que se plantea es que se obtiene el valor del OPI en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020.

La **Hipótesis específica** que se plantea es que se obtiene el estado funcional del pavimento flexible aplicando la condición de acuerdo al nivel en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020.

II. MARCO TEÓRICO

En antecedentes internacionales, El colombiano Farfán (2018) en su investigación titulada *“Evaluación del mantenimiento implementado en el pavimento rígido del sector de la carretera décima entre calle 7 y calle 26 en la ciudad de Bogotá”* tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del mantenimiento de la vía que se estudia, determinando el OPI. Esta investigación fue de tipo aplicada, diseño no experimental y de corte transversal. Siendo los principales resultados en la cual nos indica que los análisis estadísticos hechos, los coeficientes de variación y desviaciones estándar fueron muy bajos, llegando a demostrar que los resultados del OPI que se obtuvo durante la duración del mantenimiento no cambiaron de manera significativa. Se llegó a la conclusión que el OPI mayormente está dado por los valores de MDR, ya que a pesar que el IRI fue de 4 y 5, se clasifican regulares, el OPI no cambió de clasificación buena.

Hernández (2018) en su trabajo de grado titulado *“Determinar el índice de rugosidad IRI y desarrollar un manual para equipo Merlín”* tuvo como uno de sus objetivos elaborar un manual del uso del equipo RUGOSÍMETRO DE MERLÍN, con el fin de mostrar su importancia y cálculos del IRI en los pavimentos. Esta investigación fue de tipo aplicada, diseño no experimental y de corte transversal. Siendo los principales resultados en la cual nos indica que la condición que muestra la superficie del pavimento existente, es necesario realizar un mantenimiento a vía, teniendo en cuenta las fallas que se presenciaron en dicho tramo. Se concluye que en vías de menor importancia el IRI puede ser evaluado con equipos de bajo rendimiento como Topografía, Dipstick o merlín, mientras que en vías de mayor importancia y longitud se pueden utilizar equipos de alto rendimiento como el perfilómetro inercial.

Buitrago y Cano (2011) presentaron su investigación *“Análisis comparativo de metodologías de auscultación de pavimentos flexibles”* tuvo como objetivo elaborar un análisis comparativo de las vías urbanas de la ciudad de Bogotá D.C, mediante la metodología calibrada hechas por el IDU para condiciones locales MDR y la metodología PCI, con la razón de verificar cuál de estos se ajusta mejor a la evaluación del estado real del pavimento. Esta investigación fue de tipo aplicada, diseño no experimental y de corte transversal. Siendo los principales resultados en

la cual nos indica que la metodología IDU (MDR), carece de norma para poder ser establecida el área de las secciones en las que se puede dividir un tramo. Finalmente, se concluyó que las vías evaluadas calificaron en el mismo rango para ambos métodos (para la vía arterial en una calificación superficial de bueno y para la parte intermedia está en un estado regular, igual que la local), y cada una de estas metodologías tienen en cuenta sus propios criterios de evaluación.

En el ámbito nacional, Condori (2016) presentó su tesis titulada *“Análisis de la variabilidad del IRI obtenido por levantamiento topográfico y rugosímetro Merlín en carreteras no pavimentadas de la provincia de Canchis-Cusco”*. Su objetivo fue determinar la variabilidad de los valores del IRI en vías no pavimentadas Canchis - Cusco, obtenidas con el Rugosímetro Merlín y por nivelación topográfica. Esta investigación fue de tipo aplicada, diseño no experimental y de corte transversal. Siendo los principales resultados en la cual indica que las carreteras de la provincia de Canchis presentan una Rugosidad promedio de 8.29 m/km, que es mayor a la solicitud según la EG-2013; esto se puede explicar por la presencia de lluvias que afectan negativamente a la carretera incrementando su Índice de Rugosidad. Concluyendo que el Rugosímetro Merlín brinda valores similares respecto al uso de nivel y mira, pero con una complejidad menor; también podemos afirmar que realizar trabajos de medición del Índice de Rugosidad con Mira y Nivel resulta más tedioso y bajo rendimiento al momento de realizar evaluación en tramos largos.

Almanza (2014) en su investigación titulada *“Evaluación del modelo “Quarter Car” para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) del tramo Huancavelica - Santa Inés”* tuvo como objetivo analizar, evaluar y correlacionar los resultados del Equipo ROUGHOMETER III en la determinación del IRI de la carretera Santa Inés, Huancavelica, con respecto al resultado obtenido con el equipo MERLIN. Esta investigación fue de tipo aplicada, diseño no experimental y de corte transversal. Siendo los principales resultados en la cual nos indica que existe mayor presencia de rugosidad al medir con el equipo Roughometer III a diferencia con el Rugosímetro Merlín, lo cual considera que el Merlín es más confiable. En conclusión, se toma como referencia lo recomendado por el Banco Mundial, el cual nos dice que los equipos de Clase 1 son más precisos a diferencia de la Clase 3; siendo el Rugosímetro MERLIN un equipo de la Clase 1 derivado del

Perfilómetro estático, es por esta razón que los resultados obtenidos son muy precisos, solo superados por el método de Nivel y Mira.

Montoya (2013) en su investigación titulada “*Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú*” tuvo como objetivo determinar el IRI en un proyecto para dar solución a la problemática dada. Esta investigación fue de tipo aplicada, diseño no experimental y de corte transversal. Siendo los principales resultados detallar la relación real entre la geometría de la vía y los resultados del IRI de diseño, podrá ayudarnos a mejorar la aplicación de las técnicas en futuros proyectos, expedientes técnicos y viales. En conclusión, esta investigación da a conocer el análisis del IRI en una obra real, entonces a partir de esto proponen una forma de determinar el manejo de la rugosidad media deslizante, puesto que esto está dado en el contrato de las concesiones viales.

En otros idiomas, Rashed (2016) presented his thesis “*Evaluation of pavement network performance in Texas considering multiple performance metrics*”, for his Master of Science, submitted to the Office of Graduate and Professional Studies of Texas A&M University. One of the specific objectives was to investigate the relationship between IRI, CS and DS to develop equivalent threshold values for pavements based on these metrics. This research was of an applicative type, in terms of its level, descriptive and, according to its design, non-experimental. The conclusions of this study are discussed as follows: Pavement Performance in Rural and Urban Areas; Analysis of IRI data for the past nine years yielded that urban roads have significantly and consistently higher IRI than rural roads throughout the past nine years. However, the DS and CS data do not provide a strong evidence to support the idea that rural and urban pavements perform differently based on distresses only (i.e., DS) or combined distress and roughness (i.e., CS). The 9-year pattern of DS data indicates that at the network level, urban lane-miles tend to have a better performance than rural lane-miles in terms of 79 distress; however, the CS pattern indicates that rural lane-miles tend to have a better performance than urban lane-miles in terms of the combination of distress and ride quality. The three metrics agreed about 22.2 percent of the time (i.e. 2 years out of 9 study years) when comparing pavement performance in rural and urban areas.

Diefenderfer, Flintsch and Katicha (2015) they presented their thesis "*Development of Enhanced Pavement Deterioration Curves*" for their Master of Science, submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. The objective of this thesis was to develop a new set of deterioration models for the Virginia Department of Transportation (VDOT) Pavement Management System (PMS). These models incorporate the impact of the structural condition into the deterioration rate for flexible pavement sections of VDOT. This development may help to minimize the difference between network-level and project-level treatment decisions. The new models will help VDOT achieve more accurate network-level pavement performance predictions and resource allocations. This research was of an applicative type, in terms of its level, descriptive and, according to its design, non-experimental. Finally, they concluded that, the pavement structural condition is a significant parameter that affects the pavement condition; using the AIC criterion, the model that incorporates the pavement structural parameter as an explanatory variable of the pavement condition was more than 1021 times more likely to be close to the "true model", compared to the model that does not incorporate the pavement structural condition.

Attoh-Okine and Adarkwa (2013) they presented their report "*Pavement Condition Surveys – Overview of Current Practices*" published in the Delaware Center for Transportation, at the College of Engineering University of Delaware. The objectives of this research were, identify issues in Pavement data collection; Identify the types of equipment used in data collection; Identify types of condition rating systems and the variables and factors affecting performance; and Address various data quality management procedures. Finally, they concluded that, pavement condition surveys are very important in pavement management. This is evident in the fact that it is performed annually by more than 50% of the state DOTs. Condition surveys inform management of the actions that need to be taken in order to ensure effective and efficient use of resources. Due to the level of importance that is associated with the surveys, engineers and management usually plan these activities in detail. Condition surveys have three main aspects which are considered namely; data collection, condition rating and quality management.

Variable dependiente: Evaluación funcional del pavimento flexible, dicha evaluación consiste en un informe, en la cual se representa el estado de la superficie externa, y de tal modo se podrá tomar medidas necesarias para su mantenimiento y su respectiva reparación, es por ello que se quiere alargar la durabilidad (Chuman, 2018, p. 18).

La evaluación de pavimentos, en sí se refiere a la calificación de la capa superficial y la clasificación de los deterioros encontrados en los pavimentos, con el fin de obtener datos de la condición funcional del pavimento con el fin de dar soluciones a los deterioros y futuros planes de rehabilitación (Puga, 2018, p. 31).

Para De La Cruz y Medina (2015), la “evaluación superficial o funcional de la superficie del pavimento, tiene como objetivo reconocer las deficiencias que puedan relacionarse con el estado general de las condiciones actuales del pavimento y la calidad en la cual se encuentra la superficie, dándose así todos los factores que influyen de manera negativa a la seguridad, economía y comodidad” (p. 28).

Según lo entendido, la evaluación funcional del pavimento flexible está dado por un informe en la cual se plasma el estado en el que se encuentra la superficie de la estructura, por lo cual se podrá tomar en cuenta las medidas adecuadas que se tomarán para su mantenimiento y reparación.

Además, para dicha evaluación del pavimento se cuenta con las siguientes metodologías:

EL OPI (Índice Global del Pavimento), parámetro que evalúa la condición funcional de la superficie del pavimento, es calculado por el MDR y el IRI en la cual el OPI se puede considerar como un índice característico de la evaluación funcional del estado actual del pavimento.

El IRI (Índice de Rugosidad Internacional), actualmente método con mayor utilidad para calcular la regularidad del perfil de la vía en forma longitudinal, en 1986 el IRI fue aceptado por el Banco Mundial como una medida estándar para la regularidad.

El MDR (Índice de Fallas Superficiales), uno de los parámetros del OPI, el cuál resalta por su importancia en la evaluación superficial del pavimento, MDR (Modified Distress Rating).

El PCI (Índice de Condición Actual del Pavimento), dado en 1978 en la Armada de los Estados Unidos por el Cuerpo de Ingenieros, es un índice fácil de emplear y no se requiere equipos especiales o sofisticados para evaluar las vías.

El método VIZIR, método de fácil utilización, el cual establece en sí una distinción bastante clara y precisa entre fallas funcionales y- estructurales. Para la evaluación superficial de la estructura utiliza el “Is” (Índice de Deterioro Superficial y el “If” (Índice de Fisuración).

Respecto al **pavimento** para INVIAS de Colombia (2018), es aquel conjunto de capas superpuestas unas a otras, orientados horizontalmente, para que se diseñen y construyan con materiales adecuados apropiadamente bien compactados. Aquellas estructuras de capas están encima de la subrasante, los cuales deben resistir los esfuerzos que las cargas repetidas del tráfico transmiten a la estructura del pavimento.

El pavimento es una estructura que está sobre la capa de la subrasante de la carretera, para poder distribuir y resistir todos los esfuerzos dados por los carros y así poder mejorar estas condiciones de seguridad y también la comodidad en el tránsito libre. Generalmente el pavimento se conforma por capas ya conocidas: base, subbase y la capa de concreto (MTC, 2013, p. 37).

En mención a lo definido podemos afirmar que un pavimento se apoya en el terreno de fundación, conformada por varias capas que soporta y transmite la carga del tránsito a las capas inferiores y su principal finalidad es de proporcionar la circulación rápida, cómoda, segura y económica.

Los pavimentos pueden ser clasificado tanto como flexible, rígido y combinación de ambas (mixto). En cuanto a esta investigación nos centraremos únicamente en el pavimento flexible, debido a que nuestro proyecto está basado netamente en este.

Para definir un **Pavimento flexible**, INVIAS (2008) menciona es un “tipo de estructura conformado por una capa de rodadura apoyada constantemente sobre las capas inferiores de material no ligado”.

De La Cruz y Medina (2015) nos dicen que “un pavimento flexible está conformado por con una carpeta asfáltica sobre su superficie en la cual transitan los vehículos,

estos hacen que tengan pequeñas deformaciones en sus capas inferiores. Este pavimento está dado por una capa de subbase, una carpeta asfáltica y una base granular” (p. 11).

Teniendo claro el concepto de pavimento flexible según lo definido, podemos expresar que se refiere a un conjunto de capas como base, subbase y carpeta asfáltica; sirven de soporte para las cargas vehiculares que transita por dicho pavimento.

Como todo material, el pavimento flexible tiene ventajas y desventajas. Entre una de sus ventajas se tiene la construcción de la misma a un bajo costo; mientras que, una gran desventaja serían los gastos en rehabilitación y mantenimiento. Los mantenimientos y las rehabilitaciones se dan debido a la baja condición de los pavimentos flexibles que son provocados por diferentes motivos y lo cual lo conlleva muchas veces a fallar.

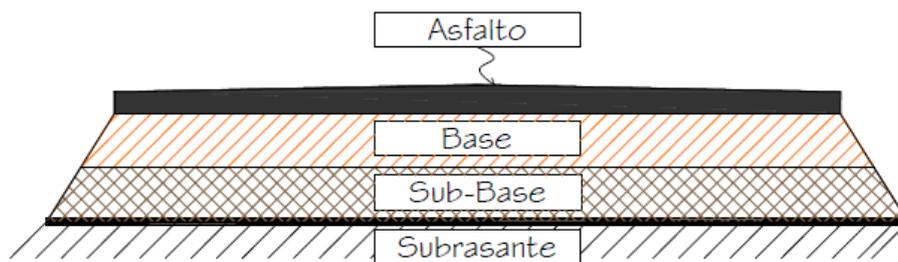


Figura 1. Sección transversal del pavimento flexible. De La Cruz y Medina, 2015.

Para definir un **Pavimento Rígido**, INVIAS (2008) menciona que “principalmente está conformado por una capa de concreto hidráulico y esta a su vez está encima de la subrasante o también sobre la capa de la subbase del pavimento rígido”.

Los pavimentos rígidos, están conformados fundamentalmente por una capa de concreto, y que está sobre la sub rasante o algún material seleccionado, denominado sub base. Adicional a eso, el concreto tiene la capacidad de soportar, esfuerzos a la tensión y la compresión, la actuación del concreto hidráulico es muy satisfactorio así haya lugares débiles en la capa de la sub rasante (Buitrago y Cano, 2011, p. 8).

Entonces podemos afirmar que el pavimento de concreto es una estructura que está conformado por una capa de concreto, la subbase y la sub rasante, cuales sirven de soporte para las cargas vehiculares que transita por dicho pavimento.

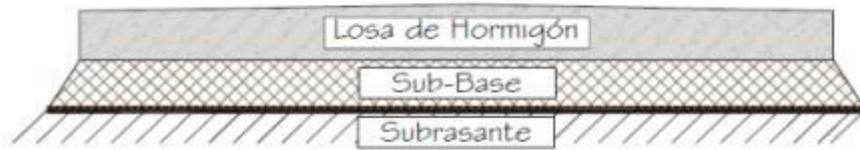


Figura 2. Sección transversal del pavimento rígido. De La Cruz y Medina, 2015.

Dimensión: Evaluación inicial es aquella que está dada por una evaluación visual previa, en la cual después de observar las fallas, enseguida se determina los tramos de acuerdo con la uniformidad de la estructura. Para después realizar la segunda evaluación la cual trata en la de observar el pavimento, registrando y con precaución por los vehículos que transitan para evitar accidentes.

Indicador: Observación de fallas, evaluación inicial de la estructura, en la cual la persona encargada de anotar las fallas en dicha estructura tales como: Grietas transversales y longitudinales, agrietamiento en bloque, piel de cocodrilo, hundimientos y abultamientos, parches, huecos, peladura, desprendimientos, etc.

Dimensión: Evaluación detallada, es la cual que mediante los formatos de evaluación e instrumentos de medición se van obteniendo la recolección de datos. La evaluación detallada se efectúa de manera general después de la evaluación inicial, la misma que obtuvo con anticipación la información general del pavimento y se ha realizado los trabajos en esta etapa lo cual son analizados detalladamente.

Para definir las **fallas en los pavimentos**, existen dos clases de fallas: tanto estructurales como funcionales. La primera, es la que origina un desgaste en la estructura del pavimento, alterando cómo se comporta frente a esfuerzos externos y bajando la cohesión de sus capas. Y las fallas funcionales reducen el libre tránsito, tanto la calidad necesaria de la parte superficial de rodamiento, como también la seguridad que brindan al usuario y la estética del pavimento. (Rodríguez, 2016, p. 6).

Se denomina falla o daño todos los tipos de patologías que figura en su estado funcional o estructural del pavimento y así pueda afectar de manera negativa en la circulación fluida de los vehículos y sobre la seguridad de los medios de transporte; estas fallas nos dan información de la condición en la que se encuentran y las causas posibles de estos daños. (Buitrago y Cano, 2011, p. 15).

En síntesis, podemos inferir que estas fallas se manifiestan en las estructuras de asfalto y llegan a ser clasificadas como daños funcionales y estructurales. Ambos tipos de fallas son el resultado de factores como un mal diseño, un inadecuado proceso constructivo, la intemperie, el tránsito vehicular y entre otros.

Indicador: Clasificación de fallas, en fisuras tenemos los siguientes:

Fisuras longitudinales y transversales: Las grietas transversales son perpendiculares a la dirección del eje de tránsito y las grietas longitudinales son paralelas a la dirección de tránsito y, por lo general estos tipos de fallas no están asociados a las cargas, más que todo se origina por el cambio de temperatura.

Piel de cocodrilo: Conjunto de grietas conectadas entre sí, se da a causa de cargas repetitivas de tránsito; originando así la formación de grietas semejante a la piel de un cocodrilo.

Dentro de **deformaciones** tenemos:

Hundimientos y Abultamientos: Los hundimientos se deforman por debajo de la superficie del pavimento y los abultamientos son elevaciones del pavimento tipo ondas, en donde se desplazan hacia arriba.

Ahuellamiento: Es una depresión de la parte superficial del pavimento ocasionados por las huellas de las ruedas de vehículos que transitan sobre él, se da debido a las cargas de tránsito, como también a una pobre compactación dando origen a la inestabilidad en las capas del pavimento.

Dentro de **fallas superficiales** tenemos:

Desgaste superficial: Deterioro de la superficie en su textura uniforme, que poco a poco ha comenzado a desintegrarse la superficie, presencia de desprendimiento.

Exudación: Hace notorio en la parte superficial, en forma de franjas aisladas y con un espesor delgado que ya no cubre el agregado grueso, donde queda el asfalto libre, el cual cubre parcialmente los agregados.

En **deterioro de capas superficiales** tenemos los siguientes:

Descascaramiento: Desintegración de la parte superficial del pavimento, es notorio las partículas sueltas del agregado, las causas posibles son fallas de adherencia del agregado y asfalto, por asfaltos deficientes o endurecidos.

Bache o hueco: Son pequeñas depresiones en forma de tazón producido en la parte superficial de la estructura con diámetros < a 90 cm, se originan cuando existen lugares débiles en la base o podría ser en la subrasante por una estructura insuficiente y el aumento de estos baches se da por el cúmulo de agua dentro de la estructura.

Parcheo: Se considera a una parte del pavimento que fue reemplazada por material nuevo con el fin de reparar el daño que existía o por instalación de acometidas se servicio, cayendo así el nivel de servicio de la vía.

Variable independiente: Índice Global del Pavimento

El OPI (Índice global del pavimento) es un parámetro que nos muestra la condición funcional del pavimento, en la cual se puede considerar como un parámetro usual del estado superficial del pavimento, que está determinado por el MDR y el IRI. Los valores del OPI van desde 0 hasta 100, donde 0 equivale a un pavimento de una condición mala y la valoración de 100 pues nos representaría un pavimento en una condición muy buena (Farfán, 2018, p. 8).

“El OPI (Índice global del pavimento), representa una relación del estado de la superficie del pavimento (funcional y estructural) y tal condición de la estructura está medido en términos de regularidad, por lo cual se dice que es un parámetro usual del estado global del pavimento” (TNM, 2005, p. 109).

Entonces, podríamos afirmar que el OPI, es un parámetro que considera al estado superficial y funcional del pavimento mediante el MDR y según su condición dado por el IRI.

$$OPI = MDR * \left(\frac{5 * e^{0,198 - 0,261 * IRI}}{5} \right)^{0,12}$$

Clasificación funcional de la vía a través del OPI

Tabla 1. Tabla de clasificación funcional de la vía a través del OPI

| Condición | Clasificación OPI |
|-----------|-------------------|
| Muy Buena | De 71 a 100 |
| Buena | De 51 a 70 |
| Regular | De 31 a 50 |
| Mala | De 0 a 30 |

Fuente: Elaboración propia

Dimensión: Parámetros para determinar el OPI, la evaluación se elabora en base a los parámetros IRI y el MDR, medidos a lo largo de la vía. Con dichos resultados se determina el Índice Global del Pavimento (OPI).

Indicador: IRI (Índice de Rugosidad Internacional), Manosalvas (2013), nos dice que “la rugosidad es definido como una distorsión de la parte superficial de la estructura (Pavimento), el cual transmite aceleración vertical, pero no son deseadas por el vehículo, ya que contribuyen a un desplazamiento no deseable e incómodo y” (p. 7)

“La rugosidad se define (Roughness) como una desviación de la parte superficial de la estructura, de acuerdo a una superficie teórica plana, las cuales afectan la calidad al conducir y la dinámica del transporte” (ASTM, 1995).

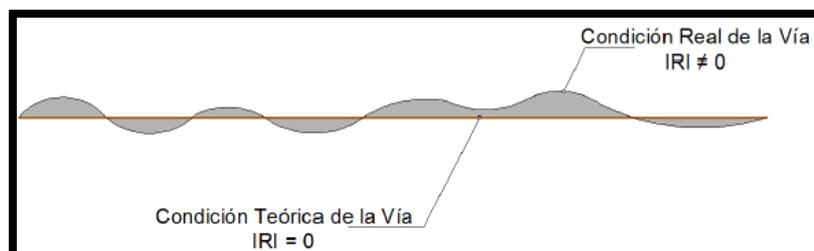


Figura 3. Definición gráfica de Rugosidad. Manosalvas, 2013.

Por lo cual la rugosidad se define como la desviación de la capa superficial del pavimento, las cuales influyen de manera significativa en la aceleración y dinámica de los vehículos.

“El IRI es un parámetro fundamental en la auscultación funcional que se realiza como parte de la conservación de carreteras, ya que este valora la calidad y comodidad de los pavimentos, tanto nuevos como viejos, a partir de la determinación de su regularidad superficial” (Martínez y Sánchez, 2018, p. 2).

Niveles de Rugosidad

La Federal Highway Administrator (EEUU), reportó que los rangos habituales del IRI evaluados en distintos puntos de carreteras varían entre 0.8 y 4.7 m/Km, según la tabla que se puede observar, los tramos que tengas valores menores a 2.4 m/Km son pavimentos en buen estado, mientras que, los que están por encima de 4.7, son considerados como pavimentos no confortables (malos).

En Uruguay diferencian los rangos del IRI para pavimentos flexible y rígidos, se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 2. *Tabla de clasificación del IRI*

| Condición del pavimento | Pavimento flexible IRI (m/Km) | Pavimento rígido IRI (m/Km) |
|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Muy Bueno | <3.2 | <2.8 |
| Bueno | 3.2 – 3.9 | 2.8 – 3.5 |
| Regular | 4.0 – 4.6 | 3.6 – 4.3 |
| Malo | >4.6 | >4.3 |

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la **escala y cualidades del IRI**, tenemos:

- Sus unidades pueden ser en m/km, mm/m, o incluso en in/mi.
- El intervalo de escala de valores del IRI para un pavimento es desde 0 hasta 12 m/km, en la cual 0 indica un suelo perfectamente uniforme y 12 una vía que no puede ser transitada.

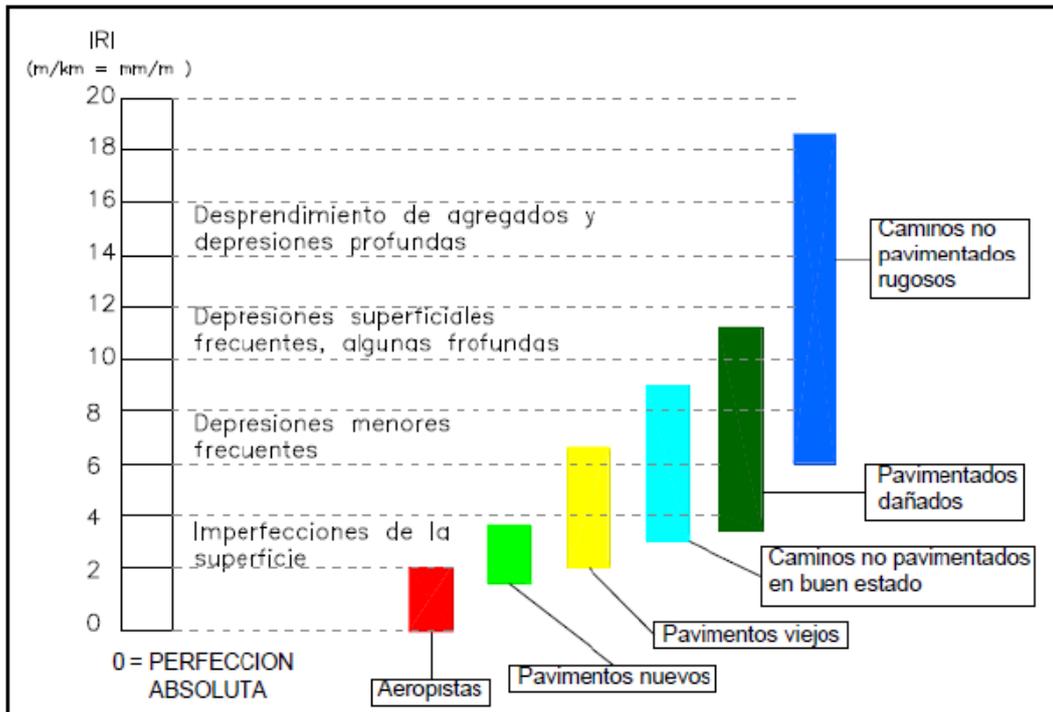


Figura 4. Escala de valores Índice de Rugosidad Internacional. Angarita y Sánchez, 2017.

Gutiérrez (2004, p. 18), nos indica que en el X Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto, se detalló las **especificaciones de regularidad** adaptadas por el MTC en 1995. En base a este documento, la regularidad de la estructura (Pavimentos) debe ser controlado en base al IRI ($IRI_c = IRI_{prom} + 1.645 D_{esv} Est$). Calculando el IRI característico, el tramo será aceptado solo si cumple las siguientes condiciones establecidas:

- En brechas de pavimento nuevo, el IRI_c debe ser \leq a 2.0.
- En brechas de recapeo, el IRI_c deber \leq a 2.5.
- En brechas de sellado del pavimento, el IRI_c debe ser \leq que 3.0.

“Los equipos con mayor exactitud de medida respecto al IRI, son los perfilométricos estáticos. Pero estos equipos son muy costosos y lentos, por lo cual es de poca utilidad. Las mediciones más productivas y a la vez con mayor precisión es con los perfilómetros dinámicos, tales como los SDP o APL” (Sánchez y De Solminihac, 1989, p. 11).

Tabla 3. Equipos para la medición del IRI

| EQUIPO | GRADO DE PRECISIÓN | IMPLEMENTACIÓN | COMPLEJIDAD DEL EQUIPO | OBSERVACIONES |
|--|--------------------|---|------------------------|--|
| Perfilografos (Profilographs) | Media | Control de calidad y recepción de obras | Simple | Estos equipos no son prácticos para la evaluación de las redes viales |
| Tipo Respuesta para medir la regularidad de las carreteras (Response - Type Road Roughness measuring Sytems, RTRRMS) | Media | Monitoreo de red vial | Compleja | Los resultados obtenidos entre estos equipos no son comparables, ya que dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo y no son estables en el tiempo |
| Nivel y Mira | Muy alta | Mediciones de perfil de pavimento y calibraciones | Simple | El uso de estos equipos para proyectos largos no es práctico y los costos son elevados |
| Dipstick | Muy alta | Mediciones de perfil de pavimento y calibraciones | Muy Simple | Se utiliza para mediciones del perfil de pavimento en longitudes pequeñas |
| Perfilometro Inercial (inercial profilometer) | Muy alta | Monitoreo y recepción de proyectos viales | Muy compleja | Equipos con alta precisión permiten la comparación de resultados y son estables en el tiempo. Pueden ser utilizados para la calibración de los equipos Tipo Respuesta. |

Fuente: Almanza, 2014.

Nivel y Mira (Level and Rod), es “llamado también perfilómetro manual y son equipos con una gran precisión, pero es considerado de un rendimiento deficiente puesto que la manera de recolección de datos es lenta haciendo comparativa con otros equipos” (Almanza, 2014, p. 50).

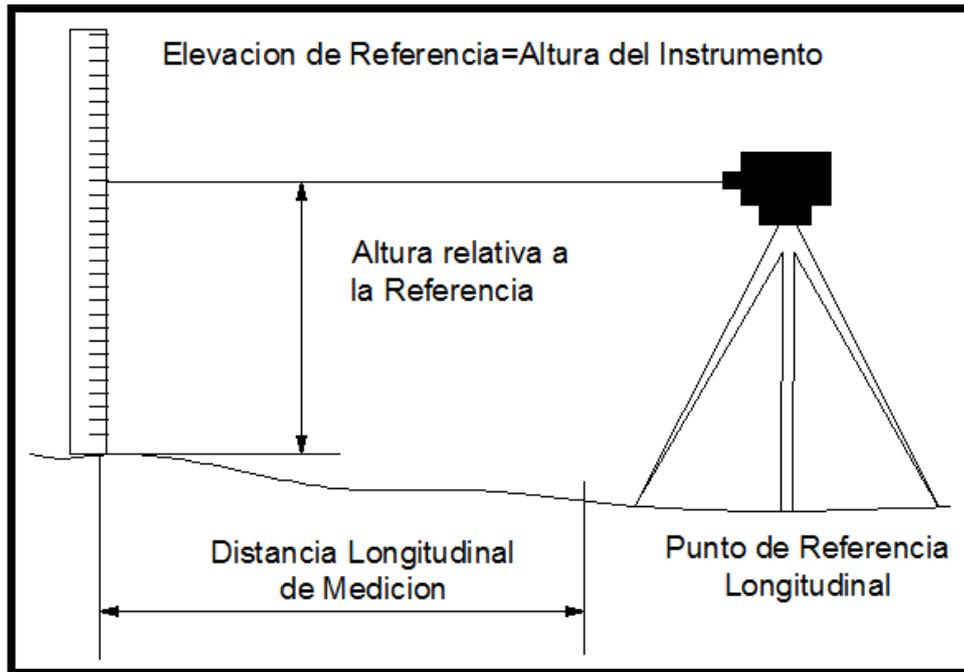


Figura 5. Nivel y Mira (Rod and Level). Almanza, 2014.

Perfilografos (Profilographs), Almanza (2014) nos indica que, “existen muchos modelos de perfilómetros, puesto que ya fueron usados desde 1900 y existen un sin fin de maneras, marcas y configuraciones. Dado su diseño, éstos son poco prácticos” (p. 48)

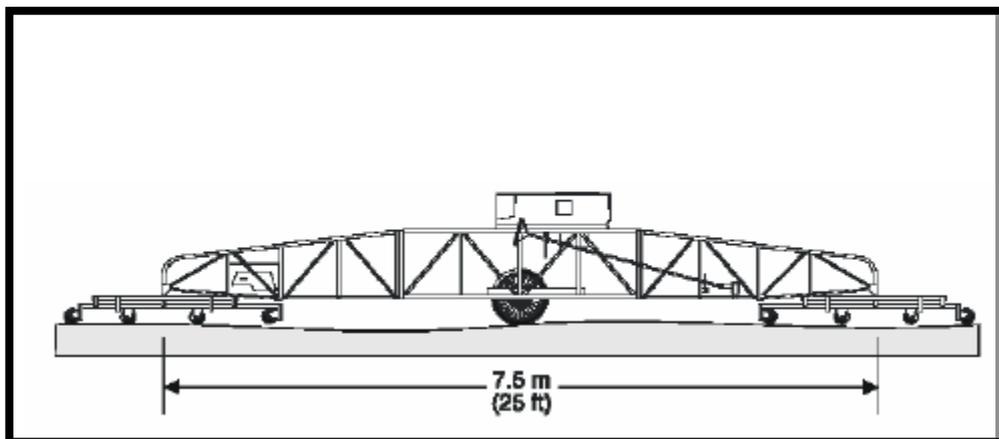


Figura 6. Perfilógrafo. Almanza, 2014.

Clasificación de Equipos para la obtención del IRI

Tabla 4. Clasificación de equipos para la medición del IRI

| Clasificación del equipo | Clasificación según el Banco Mundial Documento técnico N° 46 (Sayers et al., 1986) | Clasificación según ASTM E-950-98 | |
|--------------------------|--|-----------------------------------|--------------------------------------|
| | | Intervalos de almacenamiento | Resolución de las medidas verticales |
| CLASE 1 | Perfilómetros de precisión. Requiere que el perfil longitudinal sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella de la vía para calcular el IRI. Esta medida no debe sobrepasar los 0.25 m y la recisión de medición de la elevación debe ser superior 0.5 mm para pavimentos con IRI entre 1 y 3 m/km y de 3 mm para valores del IRI entre 10 y 20 m/km | Menor o igual a 25 mm | Menor o igual a 0.1 mm |
| CLASE 2 | Otros métodos. Requieren una frecuencia de puntos del perfil no superior a 0.5 m y una precisión en la medida de elevación de 1 mm para IRI entre 1 y 3 m/km y 6 mm para valores de IRI entre 10 y 20 m/km | Mayor que 150 mm hasta 300 mm | Mayor que 0.1 mm hasta 0.2 mm |
| CLASE 3 | IRI estimado mediante ecuaciones de correlación. La obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipo tipo respuesta (RTRRM), los cuales han sido previamente calibrados con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación | Mayor que 25 mm hasta 150 mm | Mayor que 0.2 mm hasta 0.5 mm |
| CLASE 4 | Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas. Incluyen mediciones realizadas con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad del viaje o inspecciones visuales a las vías | Mayor que 300 | Mayor que 0.5 mm |

Fuente: Almanza, 2014.

Badilla (2010) nos indica que “para el **cálculo del IRI** se utilizan herramientas estadísticas, operaciones matemáticas y cálculo en computadora que permiten hallar la regularidad de la superficie de la vía; el cual tiene etapas notablemente ajustadas y diferenciadas” (p. 5).

Para Pradera (2006), “**el IRI se halla** por operaciones matemáticas dados por las cotas del perfil longitudinal, halladas por distintos equipos o técnicas de medida del perfil [...], es determinado solo con un perfil, y en esta dinámica de la suspensión simulada está siendo dividido y acumulado, por todo el largo del perfil para poder obtener el IRI” (p. 5).

Entonces, el cálculo del IRI está dado por un análisis matemático y el uso de un software, además se determina por la acumulación de mediciones verticales obtenidas durante el recorrido de la evaluación.

EVALUACIÓN DEL IRI CON EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN.

Hernández (2018) nos indica que, “**el rugosímetro MERLIN** fue diseñado en el instituto británico, llamado así debido a su acrónimo M=Machine; E=Evaluating; R=Roughness; L=Low cost; IN=Instrumentation. Es un instrumento de fácil utilización y económico, según la clasificación del Banco Mundial, el rugosímetro de MERLIN es de clase 1, los cuales son muy exactos” (p. 33).

Almanza (2014) nos dice que, “el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) elaboró el Rugosímetro MERLIN, pues se basa en el principio del perfilógrafo estático, con el objeto de tener un equipo de un costo bajo, de fácil manipulación y una metodología de cálculo simple con unos productos confiables” (p. 60).

Camacho (2018) nos indica que el “rugosímetro de MERLÍN es un equipo muy económico, versátil y sobre todo ventajoso. Puesto que es bajo en costo durante su fabricación, y por su precisión en los productos que se obtienen en los pavimentos” (p. 46).

Dadas las teorías, podemos decir que el rugosímetro MERLIN es un instrumento muy eficaz en cuanto a la evaluación funcional del pavimento; como también resulta

muy económico en comparación con otros instrumentos, y sobre destaca por su sencilla manipulación.

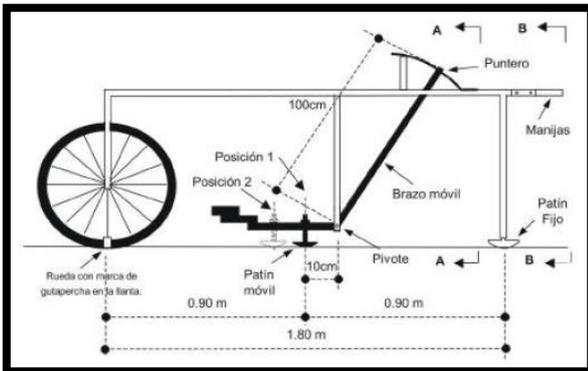


Figura 7. Esquema del rugosímetro MERLÍN. Del Águila, 2000.

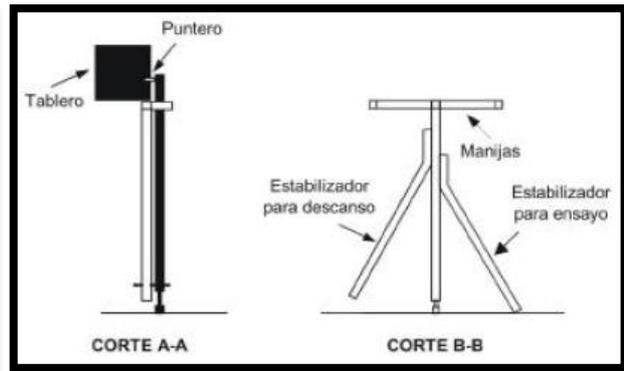


Figura 8. Cortes del esquema del rugosímetro MERLÍN. Del Águila, 2000.

Del Águila (2000, p. 6) nos dice que, para el registro del movimiento del puntero, se debe utilizar alguna escala con 50 divisiones, de 5 mm de espesor en cada una de ellas, las cuales está adherida en el borde del tablero, por el cual se desplaza el puntero.

En cuanto a la **Correlación de “D” y el IRI**, se sabe que:

El Banco Mundial, a través de las investigaciones, estableció como un parámetro al IRI para medir las rugosidades, con la variedad de equipo de cuenta este.

Se utilizará las siguientes ecuaciones para la relación entre D y el IRI.

- Para un $2.4 < IRI < 15.9$, utilizaremos $IRI = 0.593 + 0.0471 D \dots (1)$
- Para un $IRI < 2.4$, utilizaremos $IRI = 0.0485 \dots (2)$

Para aclarar, la primera ecuación mostrada es resultado de las investigaciones previas realizadas por encargo del Banco Mundial en 1982. Y la segunda es propio de las investigaciones realizadas en el Perú, puesto que se aplica a pavimentos en buen estado o nuevos.

Método de Ejecución de los Ensayos:

1. El presente **Tablero de MERLÍN**, registra los movimientos del rugosímetro a medida que el equipo note algún desnivel vertical, el cual utiliza un puntero.

| RUGOSÍMETRO DE MERLÍN | | | |
|-----------------------|--|--|----|
| DEPRESIONES | | | 50 |
| | | | 49 |
| | | | 48 |
| | | | 47 |
| | | | 46 |
| | | | 45 |
| | | | 44 |
| | | | 43 |
| | | | 42 |
| | | | 41 |
| | | | 40 |
| | | | 39 |
| | | | 38 |
| | | | 37 |
| | | | 36 |
| | | | 35 |
| | | | 34 |
| | | | 33 |
| | | | 32 |
| | | | 31 |
| | | | 30 |
| | | | 29 |
| | | | 28 |
| | | | 27 |
| | | | 26 |
| ELEVACIONES | | | 25 |
| | | | 24 |
| | | | 23 |
| | | | 22 |
| | | | 21 |
| | | | 20 |
| | | | 19 |
| | | | 18 |
| | | | 17 |
| | | | 16 |
| | | | 15 |
| | | | 14 |
| | | | 13 |
| | | | 12 |
| | | | 11 |
| | | | 10 |
| | | | 9 |
| | | | 8 |
| | | | 7 |
| | | | 6 |
| | | | 5 |
| | | | 4 |
| | | | 3 |
| | | | 2 |
| | | | 1 |

Figura 9. Configuración del tablero de Merlín. Del Águila, 2000.

2. **Procedimiento de Ensayo:** Dado a recomendaciones de investigadores se deberá seleccionar un tramo de 400 metros lineales aproximadamente. Las observaciones se toman cada 2m, hasta unas 200 lecturas, a 2 km/h de velocidad de recorrido. Los datos se tomarán en el siguiente formato presentado.



“Evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el Índice Global del Pavimento (OPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores, 2020”

FORMATO PARA LA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN

DISTRITO: San Juan de Miraflores FECHA: _____
 NOMBRE DE LA VÍA: Av. Los Eucaliptos EVALUADO POR: Denís F. Porras Rojas HOJA: ___ DE: ___

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---------------------|--------------------------|
| 1 | | | | | | | | | | | TIPO DE PAVIMENTO: | <input type="checkbox"/> |
| 2 | | | | | | | | | | | AFIRMADO | <input type="checkbox"/> |
| 3 | | | | | | | | | | | BASE GRANULAR | <input type="checkbox"/> |
| 4 | | | | | | | | | | | BASE IMPRIMIDA | <input type="checkbox"/> |
| 5 | | | | | | | | | | | TRAT. BICAPA | <input type="checkbox"/> |
| 6 | | | | | | | | | | | CARPETA EN FRÍO | <input type="checkbox"/> |
| 7 | | | | | | | | | | | CARPETA EN CALIENTE | <input type="checkbox"/> |
| 8 | | | | | | | | | | | RECAPEO ASFÁLTICO | <input type="checkbox"/> |
| 9 | | | | | | | | | | | SELLO | <input type="checkbox"/> |
| 10 | | | | | | | | | | | OTROS | <input type="checkbox"/> |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES: _____

Figura 10. Instrumento de recolección de datos para el IRI. Del Águila, 2000.

Del Águila (2000), nos indica que “**la determinación de la rugosidad** está basado en la definición de usar la distribución de las desviaciones de la parte superficial con respecto a una cuerda promedio” (p. 5).

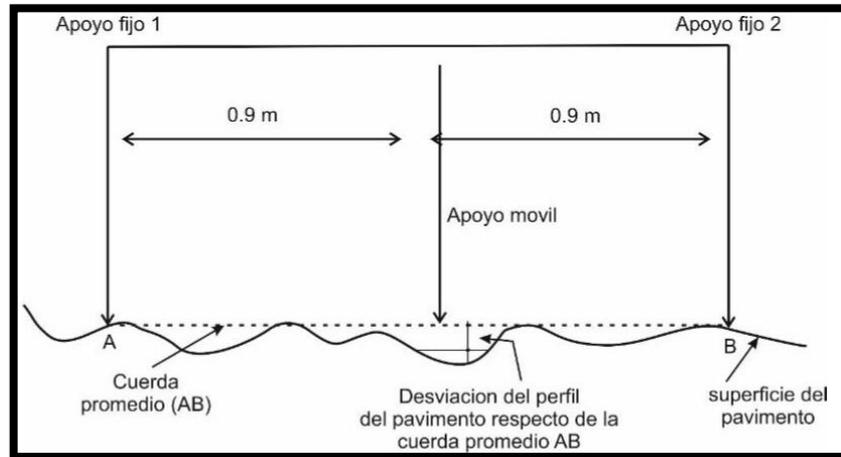


Figura 11. Medición de desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio. Del Águila, 2000.

Metodología de Cálculo para la Rugosidad

1. Respecto al **Cálculo del Rango “D”** tener en cuenta lo siguiente:

Los datos que se obtienen con el rugosímetro de MERLÍN, se ponen en análisis para calcular la distribución de frecuencias de las lecturas tomadas por el puntero, el cual se puede expresar en forma de histograma. Luego se determina el Rango de aquellos valores agrupados en intervalos de frecuencia “D”, después de eliminarse el 10% de estos. En el proceso práctico se elimina el 5%, siendo 10 datos del extremo inferior y otros 5%, 10 datos, del extremo superior. Posteriormente se halla el ancho del histograma.

Como acotación tener en cuenta que mientras el puntero se acerca al valor de 25, indica una superficie poco rugosa; caso contrario se aleje de 25, entonces se tendría un pavimento accidentado. El rango hallado en el histograma se deberá hacer una conversión a milímetros (mm), en este caso se deberá multiplicar por con el valor de (5mm).

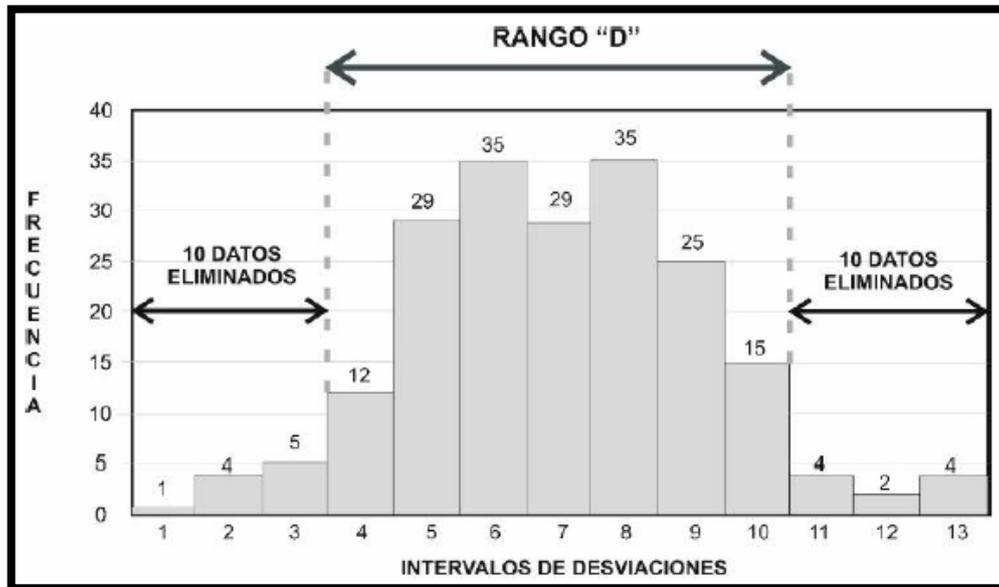


Figura 12. Histograma de la distribución de frecuencias. Del Águila, 2000.

2. Para el **Factor de Corrección para el Ajuste de “D”**, se tiene que:

El factor de corrección se realiza dado a que la relación de brazos del rugosímetro se cambia hasta en 10 ocasiones, por lo cual deberá ser ajustado con este factor (F.C.). Se utilizará la siguiente ecuación:

$$F.C. = \frac{EP \times 10}{[(LI - LF) \times 5]} \dots\dots\dots (3)$$

En la cual:

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

Al multiplicar el rango (D) obtenido por el valor de (F.C.) se obtendrá el valor de la rugosidad.

Finalmente, mediante las ecuaciones 1 y 2 dadas en la correlación de “D” y el IRI, se calculará la rugosidad del pavimento.

Indicador: MDR (Índice de fallas superficiales), los daños o fallas superficiales se califican en función al índice de fallas llamado MDR (Modified Distress Rating). Este índice varía en un rango de 0 a 100, donde 0 representa una vía completamente destruida y 100 un pavimento en perfecto estado de su superficie (Buitrago y Cano, 2011, p. 17).

El MDR es aquel índice que nos ayuda a determinar el estado actual de la estructura superficial del pavimento, teniéndose en cuenta las variadas fallas que puedan presentarse en el pavimento, su severidad y la densidad de ellas. El índice MDR varía en un rango de 0 a 100, siendo 0 el valor de un pavimento en completo estado de destrucción, y 100 un pavimento con condiciones superficiales excelentes. (Farfán, 2018, p. 7).

Uno de los parámetros más relevantes para evaluar el estado de la superficie de un pavimento es el MDR. Este es un parámetro adimensional que se puede obtener en base en a los datos derivada del inventario de fallas y puede variar en un rango de 0 a 100. El 0 representando un estado de pavimento totalmente destruida, y el 100, una superficie en perfecto estado (Rondón y Reyes, 2015, p. 319).

A partir de estas aportaciones hechas por los investigadores, se llega a deducir que el índice de fallas superficiales califica al pavimento dentro de un rango de 0 a 100, donde indica la condición actual funcional del pavimento.

Tabla 5. *Tabla de clasificación del MDR.*

| Rango de MDR | Clasificación |
|---------------------|----------------------|
| De 79 a 100 | Excelente |
| De 59 a 78 | Bueno |
| De 40 a 58 | Regular |
| De 0 a 39 | Malo |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, dentro del rango 79 – 100 lo clasifica como estado superficial excelente, rango 59 – 78 como un estado superficial bueno, dentro del rango 40 – 58 es clasificado como regular, por último, rango 0 – 39 nos muestra un estado superficial malo del pavimento.

Para el **cálculo del MDR (Metodología PAVER)**, utilizaremos la presente ecuación dado por el Washington State Department of Transportation (WSDOT).

$$MDR = 100 - \sqrt{\sum(p_n)^2}$$

Siendo (p_n), peso de ponderación del daño.

Peso de ponderación del daño (p_n), la TNM (2000) nos dice que “la determinación de los valores del peso de ponderación no es difícil, se realiza por el uso de las curvas PAVER. Por tipo de falla, sabiendo el **% de extensión** de la superficie que presenta fallas o con algún tipo de daño en el pavimento (**eje X**) esta curva es interceptada por aquellos que representan la respectiva **severidad** (alta, media o baja), **eje Y**” (p. 53).

En cuanto al **% de extensión**, Buitrago y Cano (2011) mencionan que, ellos hacen referencia a la extensión o dimensión de las fallas en la parte del pavimento que se estudia; para cada patología se establece una unidad de medida según sus dimensiones; clasificándola, así como baja, media o alta. (p.16)

Entonces se puede decir que, el % extensión es una relación entre las dimensiones lineales de cada falla, en cuanto al pavimento rígido es una relación entre losas dañadas y losas totales en cada tramo tomado.

La **extensión del daño**, según el informe final del TNM (2000, p. 49), nos indica que para pavimentos flexibles las extensiones serán determinadas de la siguiente manera:

1,- Para las fallas que afectan la superficie de la estructura del pavimento: **EI % extensión** = $\sum \text{Área afectada} / \sum \text{Área total}$

- Las fallas son las siguientes: Hundimientos, bacheo, corrugaciones, peladuras, piel de cocodrilo y ahuellamiento.

2.- Para las fallas que se tienen que medir de manera lineal. **EI % extensión** = Longitud fisuras x 0.25 / Área total de la calzada

- Las fallas son las siguientes: Grietas longitudinales, transversales y de borde

Respecto a la **severidad**, es aquel que nos indica el nivel de cuan grave se encuentra el deterioro, la mayor parte de estas fallas pueden tener diversos grados de severidad que van a depender de los distintos tipos de evaluación (Buitrago y Cano, 2011, p. 16).

Para Humpiri (2015) “la severidad es referido a la intensidad de la falla encontrada. La escala de esta, está basada en las experiencias previas, y posee tres niveles: alto, medio y bajo”. (p. 28).

Entonces podemos indicar que la severidad depende del tipo de falla que tiene el pavimento y la gravedad en la que se encuentra su superficie. Para lo cual está medido bajo una escala de alto, medio, bajo; según la condición del pavimento.

Según el informe final del TNM (2000) los tipos de fallas a evaluar en los Pavimentos Flexibles y Severidades son:

Tabla 6. Niveles de severidad según el tipo fallas

| TIPO DE FALLAS | NOMENC. | SEVERIDADES | | |
|---|---------|--|---|--|
| | | BAJA | MEDIA | ALTA |
| FISURAS | | | | |
| Fisura longitudinal (m) | FL | Abertura < 1mm. | Abertura 1-3 mm. | Abertura > 3mm, posee alto desgaste. |
| Fisura transversal (m) | FT | | | |
| Piel de cocodrilo (m2) | PC | Serie de fisuras longitudinales paralelas < 3mm. | Las fisuras han formado bloques, ligero desgaste en los bordes. | Área con bloques sueltos de bordes desgastados. |
| DEFORMACIONES | | | | |
| Hundimiento (m2) | HUN | Altura < 20mm | Altura 10-40mm | Altura > 40mm |
| Ahuellamiento (m2) | AHU | Altura < 10mm | Altura 10-25mm | Altura > 25mm |
| FALLAS SUPERFICIALES | | | | |
| Desgaste superficial (m2) | DSU | Pérdida de la textura uniforme de la superficie, con irregularidad < 3mm. | Profundidad de irregularidades de 3-10mm. | Ha comenzado a desintegrarse la superficie, presencia de desprendimiento. |
| Exudación (m2) | EX | Se hace visible en la superficie en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubre el agregado grueso. | Exceso de asfalto libre que cubre parcialmente los agregados. | Cantidad significativa de asfalto cubriendo casi la totalidad de los agregados, se observa coloración negra. |
| DETERIORO DE CAPAS SUPERFICIALES | | | | |
| Bache o hueco (m2) | BCH | Profundidad < 25mm, desprendimiento de tratamientos superficiales. | Profundidad entre 25-50mm, afecta incluso la base alfáltica. | Profundidad > 50mm, llega a afectar la base granular. |

Fuente: INVIAS, Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, 2006.

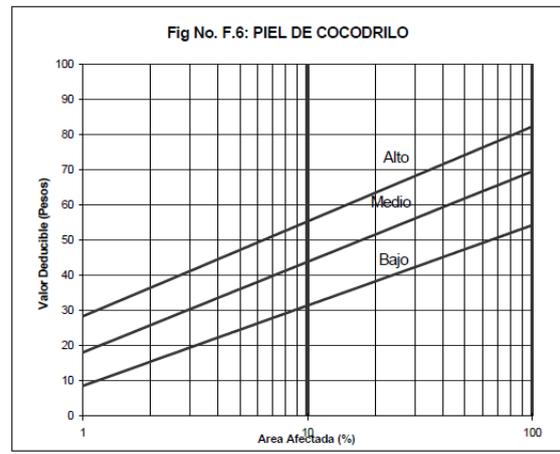
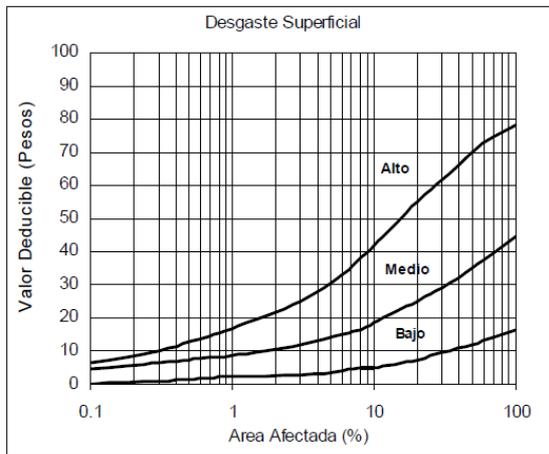
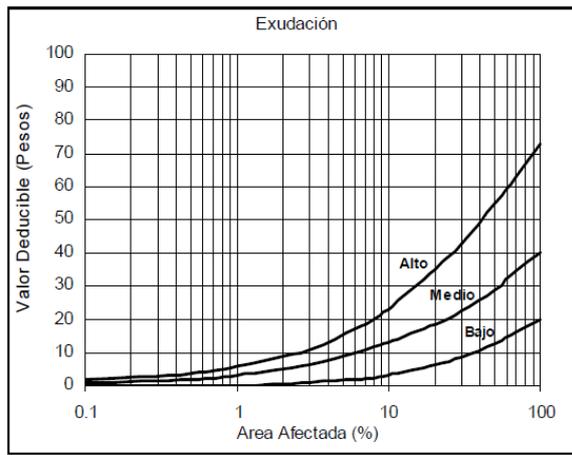
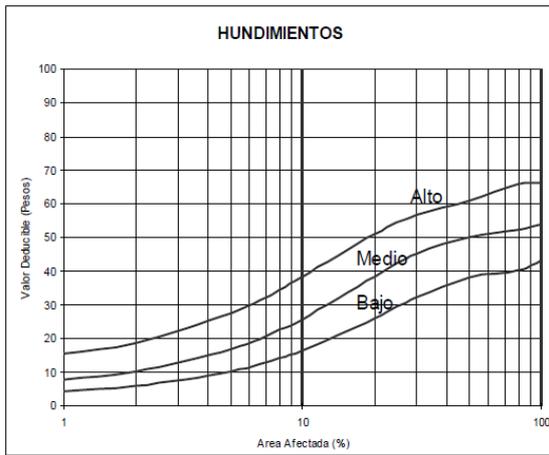
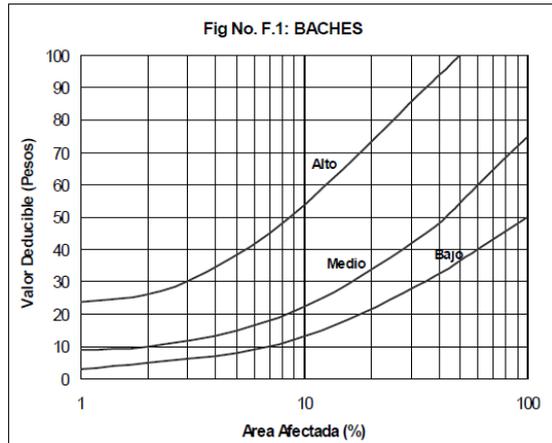
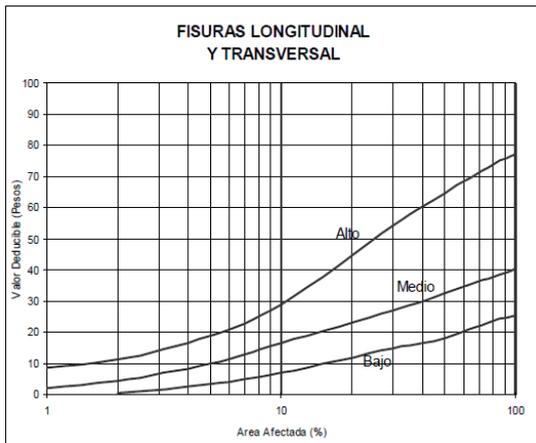


Figura 13. Nomogramas metodología PAVER – Pavimentos flexibles. IDU - Technology and Management LTD, 2000.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación

Tipo de Investigación:

Es **aplicada**, según Behar (2008): “Es característico porque busca tanto utilización y como la aplicación de todos los conocimientos que adquirimos. Busca relacionar la teoría con la propia realidad. Esta manera de investigación está dirigida a su aplicación inmediata y no al desarrollo de estas” (p. 20).

Por lo tanto, este proyecto se encuentra dentro de este tipo de investigación, puesto que se tiene en cuenta las teorías, y todo lo aprendido durante el proceso de la investigación; serán aplicados en el presente proyecto.

Diseño de investigación:

Es **no experimental**, para Behar (2008, p.19) “En esto el investigador observa los fenómenos tal y como suceden de forma natural, sin intervenir en su desarrollo.”

Según Fernández, Hernández y Baptista (2014, p.154) nos indican que es de **corte transversal**, pues “Obtienen datos en un solo instante en un periodo único. Su objetivo es describir las variables y analizar su incidencia en un momento adecuado.”

Entonces se dice que es no experimental, puesto que el investigador observa los fenómenos tal y como suceden, sin manipular las variables. Y de corte transversal porque nuestra investigación es a corto plazo.

3.2. Variables y operacionalización

Según Behar (2008) las “**variables dependientes** expresa las consecuencias de los fenómenos” (p. 54).

Variable Dependiente (Y), Evaluación funcional del pavimento flexible.

Definición conceptual: De La Cruz y Medina (2015, p. 28), nos dicen que:

“La evaluación superficial o funcional de la superficie del pavimento, tiene como objetivo reconocer las deficiencias que puedan relacionarse con el estado general de las condiciones actuales del pavimento y la calidad en la cual se encuentra la

superficie, dándose así todos los factores que afectan de manera negativa a la economía, comodidad y seguridad” (p. 28).

Definición operacional: Para esta variable, se realiza una evaluación funcional inicial y detallada mediante el uso del instrumento de recolección de datos, para determinar las características de los indicadores establecidos.

Indicadores:

- Inspección visual
- Observación de fallas
- Seleccionar tramos de acuerdo a la uniformidad
- Progresiva de las fallas
- Clasificación de fallas
- Recolección de datos

Según Behar (2008) las “**variables independientes**, expresa las causas de los fenómenos” (p. 54).

Variable Independiente (X): Índice global del pavimento (OPI).

Definición conceptual: El OPI (Índice global del pavimento) es un parámetro que nos muestra la condición funcional del pavimento, en la cual se puede considerar como un parámetro usual del estado superficial del pavimento, que está determinado por el MDR y el IRI. Los valores del OPI van desde 0 hasta 100, donde 0 equivale a un pavimento de una condición mala y la valoración de 100 pues nos representaría un pavimento en una condición muy buena (Farfán, 2018, p. 8).

Definición operacional: Para el cálculo del OPI se tendrá en cuenta los requisitos mínimos para su determinación, estos son los parámetros MDR y el IRI, utilizando los instrumentos de recolección de datos para ambos. Rugosímetro de MERLÍN y Configuración del tablero de MERLIN para el IRI. Nomogramas metodología PAVER para el MDR.

Indicadores:

- IRI (Índice de Rugosidad Internacional) (mm/m)
- MDR (Índice de Fallas Superficiales)
- Determinar el OPI
- Identificar la escala de clasificación OPI
- Condición de acuerdo al nivel
- Intervención en pavimento

3.3. Población, muestra y muestreo

La población de esta investigación será todo el pavimento conformado por la avenida Los Eucaliptos del distrito de San Juan de Miraflores, que son en total 1.8 km.

La muestra de esta investigación se ha realizado por recomendación de autores, debido a que, a mayor información, genera mejores datos en los resultados. Para lo cual la muestra será de 400 metros lineales.

El muestreo es no probabilístico intencional debido a que se elegirá las zonas con mayor notoriedad de fallas en la evaluación del pavimento flexible.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

La **Técnica de recolección de datos** de este proyecto será **la observación** que está dado por la evaluación visual y la medición de daños funcionales del pavimento flexible, a través de un recorrido personal.

Según Behar (2008, p. 68) nos indica que “La observación de este consiste en el registro valido, confiable y sistemático en el comportamiento que se manifiesta. Puede ser usado como instrumento de medición para distintos casos. Es un método muy utilizado por los que están orientados conductualmente”.

El **instrumento de recolección de datos** que se utilizará será la **ficha de observación**, Rugosímetro de MERLÍN y Configuración del tablero de MERLIN para el IRI. Nomogramas metodología PAVER para el MDR.

Según Behar (2008) Indica que la **validez** “es el grado o capacidad de la escala para poder medir dichas variables en las cuales han sido construidas. Se debe tener en cuenta que una escala confusa no tiene validez, lo mismo que en una escala que se está midiendo, a la vez e indiscriminadamente, diversas variables superpuestas un atrás otra. Una escala tiene validez siempre y cuando realmente se está midiendo lo que se afirma medir” (p. 73).

Entonces la validez mide las cualidades de las variables en la cual se debe usar un instrumento que nos permita aproximarnos a lo real. Para esta investigación la validez de nuestro instrumento fue evaluada por juicio de expertos en el tema.

De acuerdo a lo manifestado, la validez del instrumento debe ser muy objetiva. Para esta investigación el instrumento de recolección de datos IRI y MDR. Rugosímetro de MERLÍN y Configuración del tablero de MERLIN para el IRI. Nomogramas metodología PAVER para el MDR. Cumplieron con lo requerido.

Respecto a **la confiabilidad** según Baptista, Fernández y Hernández (2014, p. 200) nos dice que “La confiabilidad de un instrumento de medición que es referido al grado en que su constancia aplicación al mismo objeto o individuo, producen resultados iguales”.

Para Behar (2008) **la confiabilidad** “está referido a la consistencia interna de esta, la capacidad para discernir entre un valor u otro de forma constante. Se confía en una escala siempre y cuando se produzca constantemente los mismos resultados al aplicarlas a la misma muestra” (p. 73).

Por lo cual la confiabilidad para esta investigación será determinada por “el test retest” la cual consiste en que se repita el recojo de información para producir mejores resultados y contrastar los datos obtenidos en la primera evaluación.

Entonces podemos afirmar que la confiabilidad del instrumento es el grado en que su repetida aplicación produce resultados confiables.

3.5. Procedimientos

El procedimiento para la evaluación del pavimento flexible se realizará con la ayuda de instrumentos tales como la ficha de recolección de datos. Rugosímetro de MERLÍN y Configuración del tablero de MERLIN para el IRI. Nomogramas metodología PAVER, un flexómetro de 5 metros, una regla metálica para el MDR,

y cámara fotográfica, libreta de campo, además de un ayudante como apoyo. Se iniciará con el recorrido previo detectando así las fallas a evaluar en la zona ubicada en la avenida Los Eucaliptos del distrito de San Juan de Miraflores en tramos de 100 metros, luego de la toma de datos, serán procesarlos en gabinete, para finalmente conocer la condición actual del pavimento con la ayuda de la tabla de clasificación OPI.

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizará el Excel 2016 donde se realizarán los cálculos y gráficas para la determinación de los parámetros IRI (Índice de Rugosidad Internacional) y MDR (Índice de Fallas Superficiales). Para que finalmente se halle el valor del Índice Global del Pavimento (OPI) y poder clasificarlo según corresponda, todos ellos correspondientes al presente proyecto de investigación.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación será realizada respetando las condiciones de las normas y manuales utilizados, respetando la autoría de los investigadores. De la misma manera se tendrá en cuenta la política de la Universidad César Vallejo. Como también respetando la ley universitaria 30220 que indica que es menester producir investigaciones que aporten al conocimiento y desarrollo tecnológico de la sociedad y el país. A la vez es necesario respetar el conocimiento previo brindado por los investigadores para generar buenas prácticas de responsabilidad y honestidad.

IV. RESULTADOS

Ubicación de la evaluación funcional del pavimento flexible

Av. Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores (1.8 km, longitud total).

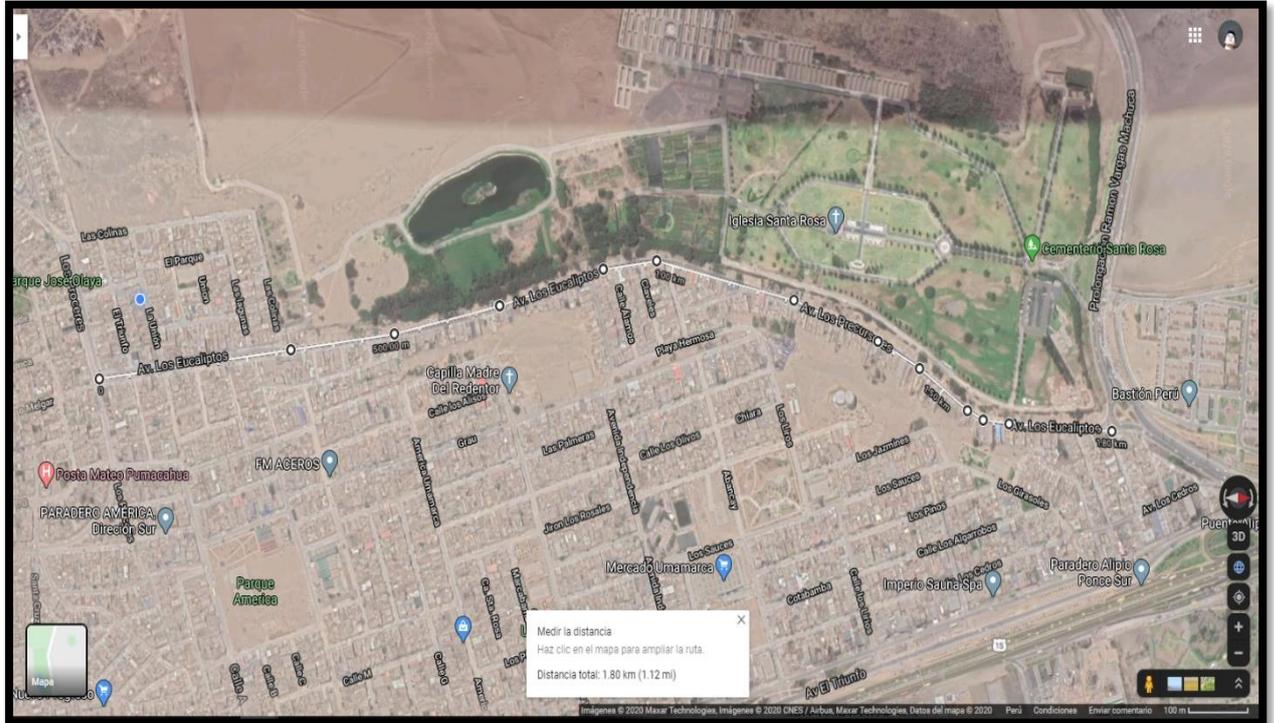


Figura 15. Ubicación de la zona de estudio. Google Maps.

Análisis Descriptivo del objetivo general.

Tabla 7. Cuadro de procesamiento de datos para la obtención del **MDR**.

| TRAMO | PROGRESIVAS | | FALLAS | SEVER | Area total (m2) | Area afectada (m2) | % de Extensión Area afect | Peso de Ponderación (Pn) | (Pn) ² | $\Sigma(p_n)^2$ | $\sqrt{\Sigma(p_n)^2}$ | MDR |
|-------|-------------|-------|--------|-------|-----------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|------------------------|------|
| | DESDE | HASTA | | | | | | | | | | |
| T1 | 0+000 | 0+050 | BCH | B | 250.00 | 0.03 | 0.01 | 0 | 0 | 625 | 25 | 75 |
| | | | EX | B | | 2.24 | 0.90 | 0 | 0 | | | |
| | | | DSU | A | | 7.38 | 2.95 | 25 | 625 | | | |
| T2 | 0+050 | 0+100 | FL | A | 250.00 | 0.13 | 0.05 | 0 | 0 | 324 | 18 | 82 |
| | | | DSU | M | | 25.20 | 10.08 | 18 | 324 | | | |
| | | | HUN | B | | 0.45 | 0.18 | 0 | 0 | | | |
| | | | FT | A | | 0.07 | 0.03 | 0 | 0 | | | |
| T3 | 0+100 | 0+150 | EX | M | 250.00 | 3.38 | 1.35 | 4 | 16 | 41 | 6.4 | 93.6 |
| | | | DSU | B | | 20.80 | 8.32 | 5 | 25 | | | |
| T4 | 0+150 | 0+200 | BCH | A | 250.00 | 0.60 | 0.24 | 0 | 0 | 801 | 28.3 | 71.7 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-----|---|--------|-------|-------|----|-----|-----|------|------|
| | | | DSU | A | | 2.08 | 0.83 | 15 | 225 | | | |
| | | | DSU | M | | 45.00 | 18.00 | 24 | 576 | | | |
| | | | HUN | B | | 0.49 | 0.20 | 0 | 0 | | | |
| T5 | 0+200 | 0+250 | DSU | B | 250.00 | 25.00 | 10.00 | 5 | 25 | 25 | 5 | 95 |
| T6 | 0+250 | 0+300 | PC | M | 250.00 | 6.48 | 2.59 | 28 | 784 | 784 | 28 | 72 |
| | | | BCH | A | | 0.20 | 0.08 | 0 | 0 | | | |
| | | | FT | A | | 0.63 | 0.25 | 0 | 0 | | | |
| T7 | 0+300 | 0+350 | HUN | A | 250.00 | 5.04 | 2.02 | 18 | 324 | 324 | 18 | 82 |
| | | | BCH | A | | 0.42 | 0.17 | 0 | 0 | | | |
| | | | FT | A | | 0.25 | 0.10 | 0 | 0 | | | |
| | | | FL | M | | 0.24 | 0.10 | 0 | 0 | | | |
| T8 | 0+350 | 0+400 | FT | A | 250.00 | 0.13 | 0.05 | 0 | 0 | 34 | 5.83 | 94.2 |
| | | | FT | M | | 0.09 | 0.04 | 0 | 0 | | | |
| | | | DSU | B | | 5.85 | 2.34 | 3 | 9 | | | |
| | | | FL | A | | 0.30 | 0.12 | 0 | 0 | | | |
| | | | BCH | B | | 3.00 | 1.20 | 5 | 25 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 6 podemos observar el cuadro resumen de obtención de datos del MDR, en el cual hace mención de los 8 tramos de 50 metros, presentándose diversas fallas en cada una de ellas y con sus respectivas severidades y finalmente mediante las operaciones matemáticas necesarias se determina el MDR de cada tramo.

Tabla 8. Resumen por tramos del parámetro MDR

| TRAMO | PROGRESIVAS | MDR | CLASIFICACIÓN |
|-------|---------------|-------|---------------|
| T1 | 0+000 - 0+050 | 75.00 | BUENO |
| T2 | 0+000 - 0+100 | 82.00 | EXCELENTE |
| T3 | 0+100 - 0+150 | 93.60 | EXCELENTE |
| T4 | 0+150 - 0+200 | 71.70 | BUENO |
| T5 | 0+200 - 0+250 | 95.00 | EXCELENTE |
| T6 | 0+250 - 0+300 | 72.00 | BUENO |
| T7 | 0+300 - 0+350 | 82.00 | EXCELENTE |
| T8 | 0+350 - 0+400 | 94.17 | EXCELENTE |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se puede apreciar un cuadro resumen del MDR por cada tramo.

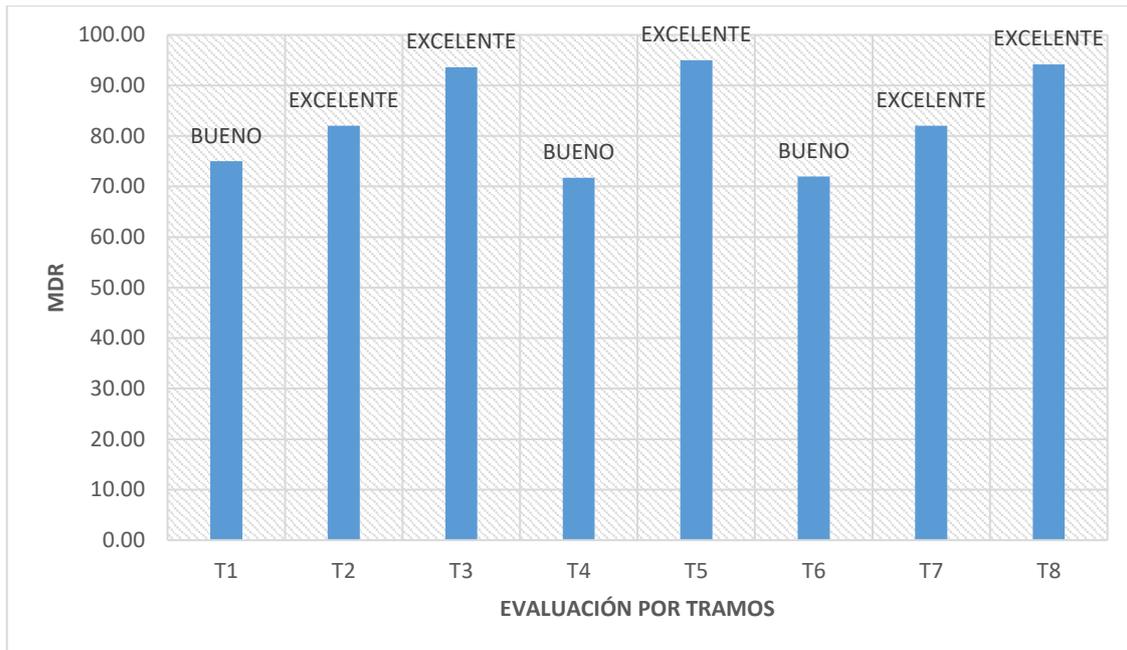


Figura 16. Representación gráfica de la evaluación por tramos para el parámetro MDR. Elaboración Propia.

Interpretación: En base a la evaluación funcional del pavimento flexible, en la tabla 6 y figura 16, se observa que el índice de fallas superficiales (MDR) para el primer tramo fue de 75.00, lo cual indica que se encuentra en un estado superficial bueno; para el segundo tramo se puede observar que el (MDR) es de 82.00 lo cual indica que se encuentra en estado funcional excelente; en cuanto al índice de fallas superficiales (MDR) del tramo 3, fue de 93.60 lo cual indica que se encuentra en un estado funcional excelente. El índice de fallas superficiales para el tramo 4 fue 71.70 lo cual muestra que el estado funcional del pavimento en dicho tramo es bueno; en el tramo 5 se tuvo un MDR de 95.00, el cual se clasifica como excelente; el MDR para en tramo 6 fue de 72.00, el cual se encuentra en un estado superficial bueno; para el tramo 7 se obtuvo un MDR de 82.00 lo cual lo clasifica como excelente. Finalmente, para el último tramo tomado, el índice de fallas superficiales es de 94.17 y esto clasificó al pavimento como excelente.

Tabla 9. Cuadro general del MDR promedio de la avenida evaluada.

| | |
|------------------------------|-----------|
| MDR(Promedio) | 83.18 |
| CLASIFICACIÓN GENERAL | EXCELENTE |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Cuadro de procesamiento de datos para la obtención del IRI.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| V1/25 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 4 | 1 | 3 |
| V26/50 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| | 4 | 3 | 5 | 6 | 4 | 3 | 7 | 9 | 14 | 9 | 10 | 12 | 10 | 13 | 13 | 6 | 9 | 7 | 4 | 6 | 2 | 1 | 7 | 4 | 11 |

Fuente: Elaboración propia

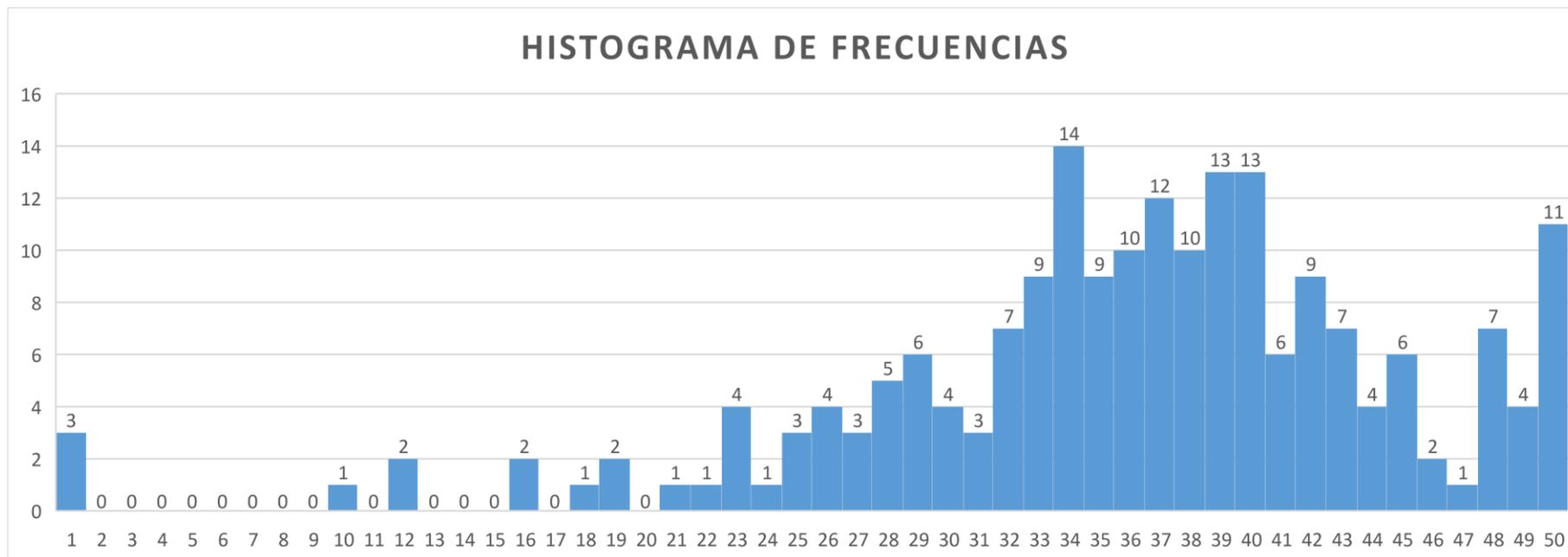


Figura 17. Histograma de frecuencias. Elaboración Propia

Interpretación: El histograma representa el análisis de la dispersión de datos obtenidos con el rugosímetro MERLIN, calculando la distribución de frecuencias de las lecturas obtenidas en campo.

Cálculo del rango "D"

$$D = (N * 5) + (d * 5)$$

$$D = (25 * 5) + (1/7 * 5)$$

$$D = 125.7$$

Factor de Corrección para el ajuste de "D"

$$F.C. = \frac{(10 * EP)}{|(LI - LF) * 5|}$$

$$F.C. = \frac{10 * 6}{|(33 - 50) * 5|}$$

$$F.C. = 0.7059$$

Cálculo del rango "D" corregido

$$D \text{ corregido} = 125.7 * F.C.$$

$$D \text{ corregido} = 125.7 * 0.706$$

$$D \text{ corregido} = 88.74$$

Determinación de la rugosidad en la escala IRI

$$2.4 < IRI < 15.9, \text{ entonces } IRI = 0.593 + 0.0471 * D$$

$$IRI = 0.593 + 0.0471 * 88.74$$

$$IRI = 4.77 \text{ m/km}$$

Clasificación general del IRI: Pavimento en mala condición

Determinación del Índice Global del Pavimento (OPI)

$$OPI = MDR * \left(\frac{5 * e^{0.198 - 0.261 * IRI}}{5} \right)^{0.12}$$

Siendo:

$$MDR = 83.18$$

$$IRI = 4.77 \text{ m/km}$$

$$OPI = 73.36$$

Clasificándola como muy buena según su condición

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a la investigación realizada y mediante los autores citados, se concuerda que se debe realizar mantenimientos periódicos al pavimento, pero para ello se debe efectuar una evaluación funcional y superficial previa; en lo cual se determinará si es necesario o no una intervención para su mantenimiento; y todo ello es realizado teniendo en cuenta el Manual de Carreteras (Conservación Vial) dado por el MTC. Tener en cuenta que una evaluación periódica conlleva a un mayor control de las vías, lo cual conlleva a un gasto menor en cuanto a su reparación.

En cuanto a la investigación la calificación del OPI fue de 73.36 lo cual lo clasifica como muy buena en cuanto al estado actual del pavimento, a pesar de encontrarse gran desgaste superficial en casi todo el tramo estudiado, el cual no genera inconvenientes en el libre tránsito de los vehículos; cabe recalcar que según la clasificación del IRI como mala, el OPI no descendió de categoría muy buena; lo cual conlleva a concluir que el OPI está mayormente influenciado por el MDR; los cuales fueron semejantes a las conclusiones según Farfán (2018).

En cuanto al IRI Hernández (2018), concluye que el uso de Equipos como el Rugosímetro MERLIN son eficaces en tramos cortos, puesto que en tramos mayores se sugiere utilizar equipos de alto rendimiento como por ejemplo el perfilómetro inercial. Para el caso de la presente investigación se tuvo en cuenta esas sugerencias y se optó por el uso del MERLIN puesto que la evaluación se realizó en un tramo de 400 metros, lo cual lo hacía eficaz en cuanto a tiempo y dinero invertido.

El MDR (Índice de fallas superficiales), parámetro poco conocido a nivel internacional, es parte esencial de la investigación a pesar de no ser tan conocido como el PCI (Índice de Condición del Pavimento); puesto que es uno de los parámetros necesarios para el cálculo del OPI, lo cual lo hace muy importante; y Buitrago y Cano (2011) nos hace mención que en su investigación realizada concluyó que el PCI y el MDR calificaron en el mismo rango, haciendo notar que ambos están relacionados y que la aplicación de cualquiera de ellos en una evaluación de pavimentos son válido cada uno con su criterio de evaluación.

Condori (2016) concluyó que el IRI evaluado por Rugosímetro MERLIN y Levantamiento Topográfico son muy similares; pero afirma que los trabajos realizados por el Nivel y Mira son de mayor complejidad y poco eficiente; por el contrario, los ensayos efectuados con el MERLIN, resulta de mayor eficiencia debido a su menor complejidad y por su sencilla manipulación. En la presente investigación se optó por el uso del MERLIN para la determinación del IRI, teniendo en cuenta al antecedente presentado; debido a su mayor eficacia y menor complejidad.

VI. CONCLUSIONES

- Se efectuó correctamente la evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el índice global del pavimento (OPI) en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020, clasificando el estado actual del pavimento flexible en la tabla de clasificación funcional OPI.
- Se calculó los valores de los parámetros para determinar el OPI, en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020, estos parámetros son el MDR (Índice de Fallas Superficiales) y el IRI (Índice de Rugosidad Internacional), los cuales fueron obtenidos y calculados en la evaluación funcional del pavimento, utilizando los instrumentos tales como el Rugosímetro MERLIN, cinta métrica, regla, cámara fotográfica y formatos de obtención de datos para ambos casos, los cuales fueron esenciales para la determinación del OPI
- Se determinó el valor del OPI en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020, mediante los valores obtenidos en los parámetros calculados anteriormente, los cuales fueron 83.18 para el MDR y 4.77 m/km para el IRI; obteniendo así un OPI de 73.36.
- Finalmente se determinó el estado funcional del pavimento flexible luego de identificar la escala de clasificación OPI en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020, se obtuvo un OPI de 73.36, clasificándola, así como un pavimento en una condición muy buena.

VII. RECOMENDACIONES

- Ahondar la investigación del índice global del pavimento (OPI) aplicado en la evaluación de fallas en pavimentos flexibles en la ciudad de Lima, puesto que es un parámetro muy preciso y sobre todo no demanda muchos gastos como en otras metodologías, ya que involucra a dos parámetros tales como el IRI (donde se utilizó como instrumento principal el Rugosímetro MERLIN) y para el parámetro MDR se utilizaron instrumentos mucho más sencillos.
- Antes de efectuar la evaluación al pavimento es necesario identificar las zonas con más notoriedad de fallas, en la cual se podrá analizar cada una de ellas, lo cual será necesario para la determinación del OPI (Índice global del pavimento).
- Se debe realizar un mantenimiento periódico a las vías a nivel nacional, para evitar el desgaste superficial progresivo de estas; y poco a poco estas pequeñas fallas se van incrementando y se generan problemas estructurales, lo cual conlleva a gastos mucho mayores, como también generan inconvenientes a los conductores y peatones en general.
- Tener en cuenta el Manual de Carreteras (Conservación Vial) normativa dada por el MTC, donde da a conocer técnicas adecuadas para la conservación de carreteras. En la cual hace mención al conjunto de actividades que se debe realizar frente a un deterioro de la vía.
- Por último, investigar aún más sobre los distintos “métodos” de evaluación de pavimentos existentes, puesto que así ayudaremos a que más investigadores conozcan sobre dichas metodologías y puedan estudiarlo a profundidad, ya que es necesario para proponer soluciones frente a diversas fallas encontradas.

REFERENCIAS

- ADARKWA, Offei and ATTOH-OKINE, Nii. Pavement Condition Surveys – Overview of Current Practices. Project Report for Delaware Center for Transportation. College of Engineering University of Delaware, 2013. 71pp.
- ALMANZA, Diego. Evaluación del modelo “QUARTER CAR” para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) del tramo Huancavelica - Santa Inés. Tesis (Grado de ingeniero civil). Puno: Universidad Nacional Del Altiplano, 2014. 132pp.
- ANGARITA, Liliana y SÁNCHEZ, Juan. Comparación del índice de rugosidad internacional (IRI) a partir de información obtenida por métodos fotogramétricos. Tesis (Grado de ingeniero civil). Colombia: Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2017. 79pp.
- ASTM, Standard Practices for Simulating Vehicular Response in Longitudinal Profiles of a Vehicular Traveled Surface. American Society for Testing and Materials ASTM E1170-92, 1995.
- ARCE, Mario y GUTIERREZ, Tracy. Índice de regularidad internacional. Informe de avance. Reporte de Investigación. Perú: LANAMME, 2004. 34pp.
- ARRIAGA, Mario, GARNICA, Paul y RICO, Alfonso. Índice internacional de rugosidad en la red carretera de México. Trabajo técnico. Sanfandila: Coordinación de Infraestructura del Instituto Mexicano del Transporte, 1998. 57pp.
- BADILLA, Gustavo. Determinación de la regularidad Superficial de pavimentos mediante el Cálculo del índice de regularidad Internacional (IRI): Aspectos y Consideraciones importantes. Trabajo técnico. XVI CILA – Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Rio de Janeiro: Universidad de Costa Rica, 2011. 12pp.
- BADILLA, Gustavo. Aspectos y consideraciones importantes en el cálculo del índice de regularidad internacional (IRI). Revista Ingeniería. San José: Universidad de Costa Rica, 2010. 15pp.
ISSN: 1409-2441
- BEHAR, Daniel. Metodología de la Investigación. Colombia, 2008. 94pp.
ISBN 978-959-212-783-7

- BUITRAGO, Johanna y CANO, Diana. Análisis comparativo de metodologías de auscultación de pavimentos flexibles. Tesis (Grado de ingeniero civil). Colombia: Universidad Militar nueva Granada, 2011, 73pp.
- CAMACHO, Shiamely. Evaluación y análisis de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de puno aplicando el método Roadroid y el rugosímetro de MERLÍN. Tesis (Grado de ingeniero civil). Juliaca: Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”, 2018. 121pp.
- CHUMAN, Frank. Evaluación funcional del pavimento flexible en la carretera Chamaya-Jaén, km 14+000-km 16+000. Tesis (Grado de ingeniero civil). Jaén: Universidad Nacional de Cajamarca, 2018. 161pp.
- CONDORI, Valentín. Análisis de la variabilidad del iri obtenido por levantamiento topográfico y rugosímetro MERLÍN en carreteras no pavimentadas de la provincia de Canchis-Cusco. Tesis (Grado de ingeniero civil). Juliaca: Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”, 2016. 239pp.
- DE LA CRUZ, Marcos y MEDINA, Armando. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Tesis (Grado de ingeniero civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015. 135pp.
- DEL AGUILA, Pablo. Metodología para la determinación de rugosidad de los pavimentos. Manual del usuario MERLINER™ (MERLÍN equipo para rugosidad). Lima, 2000. 22pp.
- DÍAS Rodrigo, GARRIDO, Ricardo, MARQUEZ, Waldo y SALDAÑA, David. Evaluación comparativa de la medición del índice de rugosidad internacional (IRI) empleando tecnología láser de tres dimensiones (LCMS) y perfilómetro láser. XIX CILA – Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Medellín, 2017. 9pp.
- DIEFENDERFER, Brian, FLINTSCH, Gerardo and KATICHA, Samer. Development of Enhanced Pavement Deterioration Curves. Thesis (Master of Science). Blacksburg, Virginia: faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 2015. 83pp.
- FARFAN, Camilo. *Evaluación del mantenimiento implementado en el pavimento rígido del sector de la carrera décima entre calle 7 y calle 26 en*

- la ciudad de Bogotá*. Artículo (Especialización en Ingeniería de Pavimentos). Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2018. 21pp.
- GAETE, Rodrigo y THENOUX, Guillermo. Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico. Artículo científico. Chile. 22pp.
 - HERNÁNDEZ, Julián. Determinar el índice de rugosidad IRI y desarrollar un manual para el equipo MERLIN. Tesis (Grado de ingeniero civil). Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana, 2018. 67pp.
 - HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. México. 2014. 634pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
 - HUMPIRI, Katia. Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno. Tesis (Grado de ingeniero civil). Juliaca: Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”, 2015. 171pp.
 - INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Technology and Management LTD. Calibración de las curvas de deterioro de los pavimentos de Bogotá D.C. – Fase II. Informe Final, 2004. 142pp.
 - INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Technology and Management LTD. Inventario Vial en las Localidades de Bosa, Tunjuelito, Usme, San Cristóbal, Ciudad Bolívar, Fontibón y Rafael Uribe para evaluar y priorizar estrategias de intervención en Bogotá D.C. Informe Final (Documento Maestro). Colombia, 2000. 194pp.
 - INVIAS. Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia, 2006. 56pp.
 - INVIAS. Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. Colombia. Instituto Nacional de Vías.
 - LOPE, Sergio. Evaluación superficial del pavimento flexible por método índice de condición del pavimento, Avenida El Sol -Villa María del Triunfo, 2018. Tesis (Grado de ingeniero civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. 156pp.
 - MANOSALVAS, Mario. Aplicación de la norma ASTM E950-09 para determinar la repetibilidad y precisión en un perfilómetro inercial MARK III –

- DYNATEST. Tesis (Grado de ingeniero civil). Sangolquí: Universidad De Las Fuerzas Armadas – ESPE, 2013. 161pp.
- MARTINEZ, Tomás y SÁNCHEZ, María. Determinación del IRI en pavimentos a partir de procedimientos fotogramétricos. X Congreso Internacional de Geomática 2018. Cuba: Universidad Tecnológica de la Habana, 2018. 9pp.
 - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial, 2008.
 - MONTOYA, Jorge. Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú. Tesis (Maestría en Ingeniería Vial). Piura: Universidad de Piura, 2013. 82pp.
 - PRADENA, Mauricio. *Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados*. Revista de la Construcción, vol. 5, núm. 2. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2006. 8pp.
- ISSN: 0717-7925
- PUGA, Cecilia. Evaluación funcional de pavimento rígido tramo avenida Loja (Cuenca). Tesis (Grado de ingeniero civil). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2018. 128pp.
 - RAFIAH, Rimón. Advanced Pavement Management System Implementation for the Nigerian Federal Road Network. 7th International Conference on Managing Pavement Assets. Nigeria: World Bank, 2008. 8pp.
 - RAMOS, Leonardo. Estudio del Índice de Regularidad Internacional en vías pavimentadas mediante el uso del perfilómetro láser Romdas. Tesis (Grado de ingeniero civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú., 2018. 87pp.
 - RASHED, Amir. Evaluation of pavement network performance in texas considering multiple performance metrics. Thesis (Master of Science). Office of Graduate and Professional Studies of Texas A&M University, 2016. 105pp.
 - REYES, Delina. Evaluación superficial del pavimento flexible empleando el método del índice de condición del pavimento en la Av. Ferrocarril, Santa Anita, 2018. Tesis (Grado de ingeniero civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. 126pp.

- RODRÍGUEZ, Yony. Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavement condition index (PCI), en las pistas del barrio el triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, región Ancash, diciembre 2015. Tesis (Grado de ingeniero civil). Ancash: Universidad Católica Los Ángeles De Chimbote, 2016. 96pp.
- RONDON, Hugo y REYES, Fredy. Pavimentos: materiales, construcción y diseño. Colombia: Empresa editora Macro EIRL, 2015. 605pp.
ISBN: 978-612-304-263-9
- SÁNCHEZ, Ignacio y DE SOLMINIHAC, Hernán. El IRI: un indicador de la regularidad superficial. Revista de Ingeniería de Construcción N° 6. Madrid y Santiago de Chile, 1989. 16pp.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de Operacionalización de Variables.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| "Evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el Índice Global del Pavimento (OPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores, 2020" | | | | | |
|--|---|---|-----------------------------------|--|--------------------|
| VARIABLES DE ESTUDIO | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
| Variable Dependiente (Y): Evaluación funcional del pavimento flexible | De La Cruz y Medina (2015, p. 28), nos dicen que: "La evaluación superficial o funcional del pavimento, tiene por objeto el reconocimiento de aquellas deficiencias que se relacionan principalmente con la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, considerando todos aquellos factores que afectan negativamente a la comodidad, seguridad y economía" | Para esta variable, se realiza una evaluación funcional inicial y detallada mediante el instrumento de recolección de datos, para determinar las características de los indicadores establecidos. | Evaluación inicial | <ul style="list-style-type: none"> - Inspección visual - Observación de fallas - Seleccionar tramos de acuerdo a la uniformidad | Nominal |
| | | | Evaluación detallada | <ul style="list-style-type: none"> - Progresiva de las fallas - Clasificación de fallas - Recolección de datos | |
| Variable Independiente (X): Índice global del pavimento (OPI) | El OPI (Overall Pavement Index) es un índice que define la condición funcional del pavimento, en la cual se puede considerar como un parámetro característico del estado del pavimento, que está determinado por el MDR (Índice de fallas superficiales) y el IRI (Índice de rugosidad internacional). Los valores del OPI van desde 0 hasta 100, donde 0 equivale a un pavimento de una condición mala y la valoración de 100 pues nos representaría un pavimento en una condición muy buena (Farfán, 2018, p. 8). | Para el cálculo del OPI se tendrá en cuenta los requisitos mínimos para su determinación, estos son los parámetros MDR y el IRI, utilizando los instrumentos de recolección de datos para ambos. Rugosímetro de MERLIN y Configuración del tablero de MERLIN para el IRI. Nomogramas metodología PAVER para el MDR. | Parámetros para determinar el OPI | - IRI (Índice de Rugosidad Internacional) (mm/m) | Razón |
| | | | | - MDR (Índice de Fallas Superficiales) | Razón |
| | | | Cálculo del OPI | <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el OPI - Identificar la escala de clasificación OPI | Razón Ordinal |
| | | | Estado del pavimento | <ul style="list-style-type: none"> - Condición de acuerdo al nivel | Nominal |

Anexo 2. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

| "Evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el Índice Global del Pavimento (OPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores, 2020" | | | | | | |
|---|--|--|---|-----------------------------------|--|---|
| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTO |
| Problema General: | Objetivo General: | Hipótesis General: | Variable Dependiente (Y): Evaluación funcional del pavimento flexible | Evaluación inicial | <ul style="list-style-type: none"> - Inspección visual - Observación de fallas - Seleccionar tramos de acuerdo a la uniformidad | Instrumento de recolección de datos |
| ¿Cómo es la evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el índice global del pavimento (OPI), en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020? | Efectuar la evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el índice global del pavimento (OPI) en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020 | La evaluación funcional del pavimento flexible nos permite conocer el estado actual de la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020. | | Evaluación detallada | <ul style="list-style-type: none"> - Progresiva de las fallas - Clasificación de fallas - Recolección de datos | |
| Problemas específicos: | Objetivos específicos: | Hipótesis específicas: | Variable Independiente (X): Índice global del pavimento (OPI) | Parámetros para determinar el OPI | <ul style="list-style-type: none"> - IRI (Índice de Rugosidad Internacional) | Instrumento de recolección de datos para el IRI |
| ¿Cuáles son los valores de los parámetros para determinar el OPI, en la evaluación funcional del pavimento flexible, en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020? | Calcular los valores de los parámetros para determinar el OPI, en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020 | Se obtienen los valores de los parámetros para determinar el OPI en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020 | | | <ul style="list-style-type: none"> - MDR (Índice de Fallas Superficiales) | Configuración del tablero de MERLIN Rugosímetro de MERLIN Instrumento de recolección de datos para el MDR Nomogramas metodología PAVER |
| ¿Cuál es el valor del OPI, en la evaluación funcional del pavimento flexible, en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020? | Determinar el valor del OPI en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020 | Se obtiene el valor del OPI en la evaluación funcional del pavimento flexible en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020 | | Cálculo del OPI | <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el OPI - Identificar la escala de clasificación OPI | Tabla de clasificación OPI |
| ¿Cuál es el estado funcional del pavimento flexible luego de identificar la escala de clasificación OPI en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020? | Determinar el estado funcional del pavimento flexible luego de identificar la escala de clasificación OPI en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020 | Se obtiene el estado funcional del pavimento flexible aplicando la condición de acuerdo al nivel en la Avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores – 2020 | | Estado del pavimento | <ul style="list-style-type: none"> - Condición de acuerdo al nivel | |

Anexo 3. Instrumento de recolección de datos para el IRI



"Evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el Índice Global del Pavimento (OGPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores, 2020"

FORMATO PARA LA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN

DISTRITO: San Juan de Miraflores FECHA: _____
 NOMBRE DE LA VÍA: Av. Los Eucaliptos EVALUADO POR: Denis F. Porras Rojas HOJA: _____ DE: _____

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | |

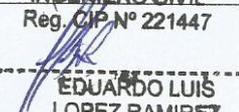
- TIPO DE PAVIMENTO:
- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRÍO
- CARPETA EN CALIENTE
- RECAPEO ASFÁLTICO
- SELLO
- OTROS

OBSERVACIONES: _____

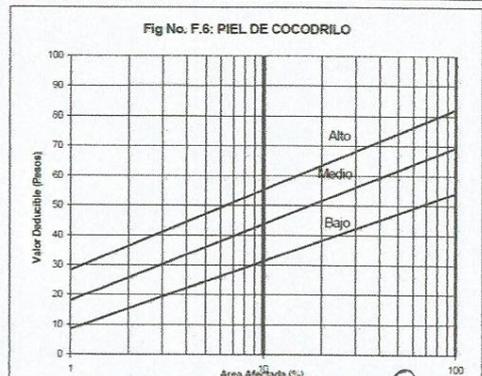
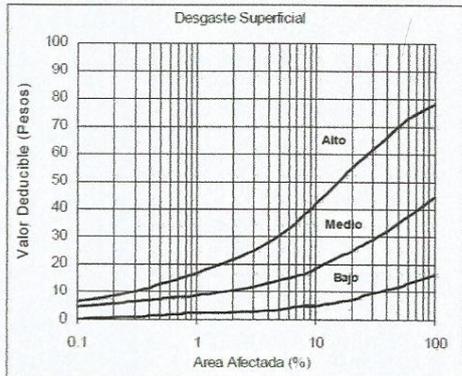
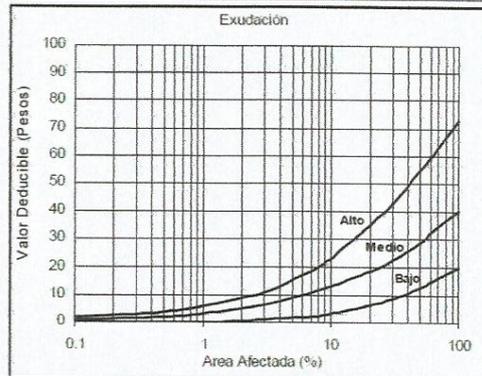
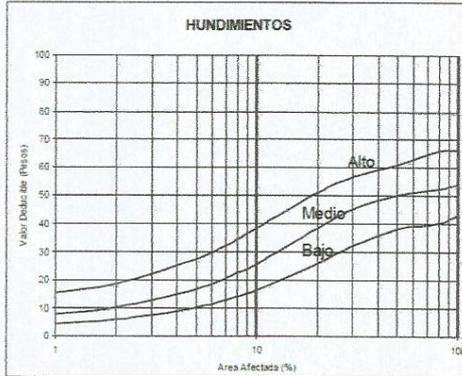
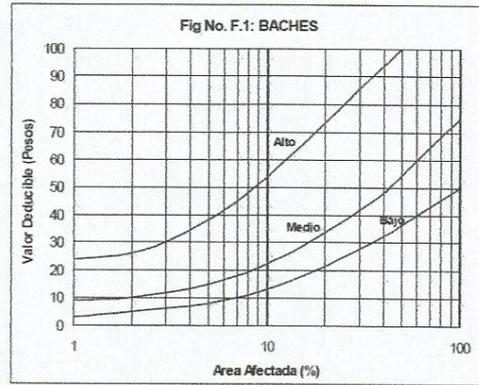
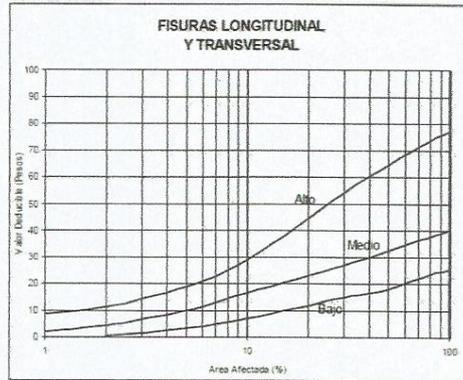
| VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO | |
|---|---|
| NOMBRES Y APELLIDOS | FIRMA/CIP |
| Experto 1: RENATO CESAR LIMACHE SALVADOR | RENATO CESAR LIMACHE SALVADOR INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 221447 |
| Experto 2: EDUARDO LUIS LOPEZ RAMIREZ | EDUARDO LUIS LOPEZ RAMIREZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 218803 |
| Experto 3: JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA | JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 67628 |

Anexo 4. Configuración del tablero de MERLIN

| RUGOSÍMETRO DE MERLÍN | | | |
|-----------------------|--|--|----|
| DEPRESIONES | | | 50 |
| | | | 49 |
| | | | 48 |
| | | | 47 |
| | | | 46 |
| | | | 45 |
| | | | 44 |
| | | | 43 |
| | | | 42 |
| | | | 41 |
| | | | 40 |
| | | | 39 |
| | | | 38 |
| | | | 37 |
| | | | 36 |
| | | | 35 |
| | | | 34 |
| | | | 33 |
| | | | 32 |
| | | | 31 |
| | | | 30 |
| | | | 29 |
| | | | 28 |
| | | | 27 |
| | | | 26 |
| ELEVACIONES | | | 25 |
| | | | 24 |
| | | | 23 |
| | | | 22 |
| | | | 21 |
| | | | 20 |
| | | | 19 |
| | | | 18 |
| | | | 17 |
| | | | 16 |
| | | | 15 |
| | | | 14 |
| | | | 13 |
| | | | 12 |
| | | | 11 |
| | | | 10 |
| | | | 9 |
| | | | 8 |
| | | | 7 |
| | | | 6 |
| | | | 5 |
| | | | 4 |
| | | | 3 |
| | | | 2 |
| | | | 1 |

| VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO | |
|---|--|
| NOMBRES Y APELLIDOS | FIRMA/CIP |
| Experto 1: RENATO CESAR LIMACHE SALVADOR |  ----- RENATO CESAR LIMACHE SALVADOR INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 221447 |
| Experto 2: EDUARDO LUIS LOPEZ RAMIREZ |  ----- EDUARDO LUIS LOPEZ RAMIREZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 216903 |
| Experto 3: JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA |  ----- JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 67828 |

Anexo 6. Nomogramas metodología PAVER



| VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO | |
|---|---|
| NOMBRES Y APELLIDOS | FIRMA/CIP |
| Experto 1: RENATO CESAR LIMACHE SALVADOR | RENATO CESAR LIMACHE SALVADOR INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 221447 |
| Experto 2: EDUARDO LUIS LOPEZ RAMIREZ | EDUARDO LUIS LOPEZ RAMIREZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 217900 |
| Experto 3: JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA | JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 67828 |

Anexo 7. Certificado de Calibración de Equipo Rugosímetro MERLIN



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL**

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° V2520010

Página 1 de 2

Expediente : 0154-2020

Fecha de Emisión : 2020-08-22

1. SOLICITANTE : DENIS FORTUNATO PORRAS ROJAS

DIRECCIÓN : Av. La Unión Mz D Lt 22 AA.HH Nestor Batanero
- San Juan de Miraflores - Lima

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : RUGOSIMETRO MERLIN

Marca : PALIO

Modelo : PE2009

Número de Serie : 2520001

Estructura : Metálica

Acabado : Pintado

Procedencia : PERÚ

Identificación : No indica

Ubicación : Instalaciones de JMR EQUIPOS S.A.C.

3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN

Fecha : 2020-08-22

Lugar : Laboratorio de JMR EQUIPOS S.A.C.

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 5ta Ed. 2012. "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", del Instituto Nacional de Calidad - INACAL.

5. CONDICIONES AMBIENTALES

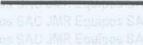
| | Inicial | Final |
|----------------------|---------|-------|
| Temperatura (°C) | 17,5 | 17,4 |
| Humedad Relativa (%) | 73 | 73 |

6. TRAZABILIDAD

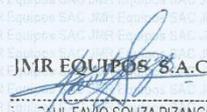
Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

| TRAZABILIDAD | PATRÓN UTILIZADO | CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------|
| METROSYSTEMS S.R.L. | Pie de Rey (Vernier) | MS-0223-2018 |
| METROIL S.A.C. | Flexómetro (Wincha) | L-0387-2018 |
| INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD | Termohigrómetro | LT-099-2018 |

Sello



Laboratorio de Metrología



JMR EQUIPOS S.A.C.
Ing. ANGEL HUGO VILCHEZ PEÑA
C.P. 5442
JEFE DE LABORATORIO



JMR EQUIPOS S.A.C.
Ing. SAUL FAVIO SOUZA PIZANGO
LABORATORIO METROLOGIA

FEL-13

Rev00

Elaborado:AJPM

Revisado:EASP

Aprobado:PFSP

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA – LIMA – LIMA

Tel.: 300 0230 / 562 8972 Cel.: 989 589 974 / E-mail: servicios@jmrquipos.com, ventas@jmrquipos.com / Web: jmrquipos.com

PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO



JMR EQUIPOS S.A.C.
Equipos para Laboratorio
de Suelos, Concreto y Asfalto

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON
TRAZABILIDAD AL ORGANISMO PERUANO
DE ACREDITACIÓN INACAL**

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V2520010

Página 2 de 2

7. OBSERVACIONES

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "Calibrado".

8. RESULTADO DE MEDICIÓN

MEDIDAS REALIZADAS

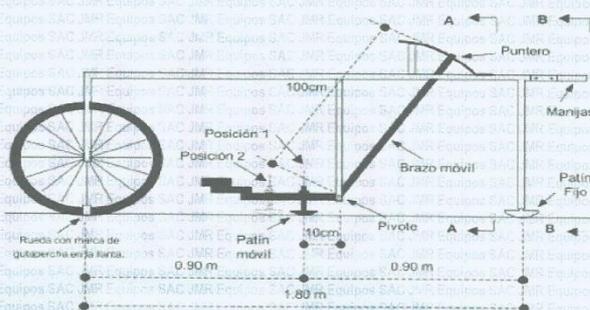
| | Dato Promedio | Unidad |
|--|---------------|--------|
| * Pastilla de bronce de 6 mm de espesor. | 6 | mm |
| * Eje de rueda a Patín Fijo | 180 | cm |
| * Patín Fijo a Patín Móvil | 90 | cm |
| * Patín móvil a Eje de rueda | 90 | cm |
| * Pivot a Patín Móvil | 10 | cm |
| * Pivot a Puntero | 100 | cm |

APARATO MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation)

Norma: Laboratorio Británico de Investigación de Transporte y Carminos - TRRL.

MERLÍN:

Es un equipo que consta de un marco formado de dos elementos verticales y uno horizontal. Uno de los elementos verticales es una rueda donde una vuelta de la rueda es 2.15 m aprox. En la parte central del elemento horizontal se proyecta una barra vertical cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil en cuyo extremo inferior se ubica un patín empinado ajustable, mientras en el extremo superior se ubica el puntero siendo la relación de los brazos entre los segmentos pivote-extremo de 1:10.



Sello

Laboratorio de Metrología

JMR EQUIPOS S.A.C.
PAVO SOLZA PIZANGO
JEFE DE LABORATORIO METROLOGIA



JMR EQUIPOS S.A.C.
Ing. ANGEL HUGO VILCHEZ PENA
CIP. 64442
JEFE DE LABORATORIO

FEI-13

Rev00Elaborado:AJPM

Revisado:EASP

Aprobado:PFSP

DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA – LIMA – LIMA

Tel.: 300 0230 / 562 8972 Cel.: 989 589 974 / E-mail: servicios@jmrequipos.com, ventas@jmrequipos.com / Web: jmrequipos.com

PROHIBIDO LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO

Anexo 8. Certificado de Calidad de Equipo Rugosímetro MERLIN

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----|--|--|---|----|---------------------------|-----|----|--------------------------|----|----|----------------------------|----|----|---------------------|----|----|-----------------|-----|----|
|  | | <h1>JMR EQUIPOS SAC</h1> <p>Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto. RUC 20566329728</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <h2>Certificado de Calidad</h2> <p>N° 155-2020 RM</p> <p>Fecha.....: 22/08/2020</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>*EQUIPO : RUGOSIMETRO MERLIN.</p> <p>*MARCA : PALIO.</p> <p>*MODELO : PE2009</p> <p>*SERIE : 2520001</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>CARACTERÍSTICA</p> <table border="0"><tr><td>Pastilla de bronce de 6 mm de espesor.</td><td>6</td><td>mm</td></tr><tr><td>Eje de rueda a patín fijo</td><td>180</td><td>cm</td></tr><tr><td>Patín fijo a patín móvil</td><td>90</td><td>cm</td></tr><tr><td>Patín móvil a Eje de rueda</td><td>90</td><td>cm</td></tr><tr><td>Pivot a Patín móvil</td><td>10</td><td>cm</td></tr><tr><td>Pivot a puntero</td><td>100</td><td>cm</td></tr></table> | | | Pastilla de bronce de 6 mm de espesor. | 6 | mm | Eje de rueda a patín fijo | 180 | cm | Patín fijo a patín móvil | 90 | cm | Patín móvil a Eje de rueda | 90 | cm | Pivot a Patín móvil | 10 | cm | Pivot a puntero | 100 | cm |
| Pastilla de bronce de 6 mm de espesor. | 6 | mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Eje de rueda a patín fijo | 180 | cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Patín fijo a patín móvil | 90 | cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Patín móvil a Eje de rueda | 90 | cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pivot a Patín móvil | 10 | cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pivot a puntero | 100 | cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>USO</p> <p>Importante...</p> <ul style="list-style-type: none">• Es un equipo que consta de un marco formado de dos elementos verticales y uno horizontal.• Uno de los elementos verticales es una rueda donde una vuelta de la rueda es 2.15 m aprox.• En la parte central del elemento horizontal se proyecta una barra vertical cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil en cuyo extremo inferior se ubica un patín empujado ajustable, mientras en el extremo superior se ubica el puntero siendo la relación de los brazos entre los segmentos pivote-extremo de 1:10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>GARANTÍA DE UN AÑO POR DEFECTOS DE FABRICACIÓN</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p> JMR EQUIPOS SAC. PAUL FAVIO SOUZA PIZANGO GERENTE GENERAL</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>DIRECCIÓN FISCAL: CAL. JANGAS N° 628, BREÑA – LIMA – LIMA Tel.: 300 0230 / 562 8972 Cel.: 989 589 974 / E-mail: servicios@jmrequipos.com, ventas@jmrequipos.com / Web: www.jmrequipos.com</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 9. Boleta de venta de Equipo Rugosímetro MERLIN

22/8/2020

:: Boleta de Venta Electrónica - Impresión ::

JMR EQUIPOS S.A.C.

CAL. JANGAS 628 URB. CHACRA COLORADA
BREÑA - LIMA - LIMA

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA.

RUC: 20566329728

EB01-2

Fecha de Vencimiento : **18/08/2020**
 Fecha de Emisión : **17/08/2020**
 Señor(es) : **DENIS FORTUNATO PORRAS ROJAS**
 DNI : **47563824**
 Establecimiento del Emisor : **CAL. JANGAS 628 URB. CHACRA COLORADA LIMA-LIMA-BREÑA**
 Dirección del Cliente : **AV. LA UNION URB. NESTOR BATANERO MZA. D LOTE. 22 LIMA-LIMA-SAN JUAN DE MIRAFLORES**
 Tipo de Moneda : **SOLES**
 Observación : **SEGUN PROFORMA N° 2020-001067-0**

| Cantidad | Unidad Medida | Descripción | Valor Unitario(*) | Descuento(*) | Importe de Venta(**) |
|----------|---------------|--|-------------------|--------------|----------------------|
| 1.00 | UNIDAD | EQUIPO MERLIN - ENSAYO RUGOSIDAD - MARCA PALIO | 1000.00 | 0.00 | 1000.00 |

| | | |
|---|------------------------|--------------------|
| (*) Sin impuestos. | Op. Gravada : | S/ 0.00 |
| | Op. Exonerada : | S/ 1,000.00 |
| (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada. | Op. Inafecta : | S/ 0.00 |
| | ISC : | S/ 0.00 |
| SON: UN MIL Y 00/100 SOLES | IGV : | S/ 0.00 |
| | Otros Cargos : | S/ 0.00 |
| | Otros Tributos : | S/ 0.00 |
| | Importe Total : | S/ 1,000.00 |

Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.

JMR EQUIPOS S.A.C.

FABRICACION, VENTA, ALQUILER Y SERVICIO DE CALIBRACION DE EQUIPOS
 PARA LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO
 Calle Jangas N° 628 Urb. Chacra Colorada - Breña - Lima - Lima
 Telf. 562-8972 • Cel.: 989589920 / 989589974
 E-mail: ventas@jmrequipos.com / jmrventas01@gmail.com
 www.jmrequipos.com

R.U.C. 20566329728

GUIA DE REMISION - REMITENTE

0001- N° 001228

Fecha de Emisión: 21 de AGOSTO del 20 20

PUNTO DE PARTIDA
Av. A Mz 159 Lt 8 A.H. 5 M.P. Lima - Olivos
 FECHA DE INICIO DEL TRASLADO: 21/08/20
 COSTO MINIMO: _____

PUNTO DE LLEGADA
Av. La Union Mz D Lt 22 A.H. M. BARTALEO S.L. Miraflores
 RAZ. SOC. DEL DEST.: DENIS FORTUNATO PORRAS ROJAS
 NUMERO DE RUC: DNI: 47563824

UNIDAD DE TRANSPORTE Y CONDUCTOR
 MARCA Y NUMERO DE PLACA: _____
 N° DE CONSTANCIA DE INSCRIPCIÓN: _____
 N° (S) DE LICENCIA(S) DE CONDUCIR: _____

EMPRESA DE TRANSPORTES
 NOMBRE O RAZON SOCIAL: _____
 NUMERO DE R.U.C.: _____

| CODIGO | CANTIDAD | DESCRIPCION | UNIDAD DE MEDIDA | PESO TOTAL |
|-----------|-----------|---|------------------|------------|
| <u>01</u> | <u>01</u> | <u>RUBOSIMETRO MERLIN</u> <u>ATT.</u> <u>DENIS FORTUNATO PORRAS ROJAS</u> <u>DNI: 47563824</u> | | |

TIPO Y NUMERO DEL COMPROBANTE DE PAGO:

- MOTIVO DEL TRASLADO:**
- | | | | |
|---|---|--|--|
| 1.- VENTA <input checked="" type="checkbox"/> | 4.- CONSIGNACIÓN <input type="checkbox"/> | 7.- PARA TRANSFORMACIÓN <input type="checkbox"/> | 10.- TRASLADO ZONA PRIMARIA <input type="checkbox"/> |
| 2.- VENTA SUJETA A CONFIRMAR <input type="checkbox"/> | 5.- DEVOLUCIÓN <input type="checkbox"/> | 8.- RECOJO BIENES TRANSFORMADOS <input type="checkbox"/> | 11.- IMPORTACIÓN <input type="checkbox"/> |
| 3.- COMPRA <input type="checkbox"/> | 6.- TRASLADO ENTRE ESTABLECIMIENTOS DE UNA MISMA EMPRESA <input type="checkbox"/> | 9.- EMISOR ITINERANTE <input type="checkbox"/> | 12.- EXPORTACIÓN <input type="checkbox"/> |

IMPRESIONES
 R.U.C. 20537965917
 Serie: 0001 D01 1151 A1 1299 - G-F
 Aut.: 14175928023 Fl. 18/11/2019
 Pedidos: 525-7668 / 9866-11808

[Signature]
 ENTREGUE CONFORME

[Signature]
DESTINATARIO
 RECIBI CONFORME

Anexo 14. Ubicación de la zona de estudio

Av. Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores (1.8 km, longitud total).



Fuente: Google Maps

Anexo 15. Inspección visual del pavimento (MDR) en la avenida Los Eucaliptos



“Evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el Índice Global del Pavimento (OPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores, 2020”

FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE

DISTRITO: San Juan de Miraflores FECHA: 29/08/2020
 NOMBRE DE LA VÍA: Av. Los Eucaliptos EVALUADO POR: Denis F. Porras Rojas HOJA: 1 DE: 2

| PATOLOGÍA | | | | | Aclaraciones |
|-----------|------|-------|-----------|-----------|--------------|
| Carril | Tipo | Sever | Fallas | | |
| | | | Largo (m) | Ancho (m) | |
| PR 0+000 | | | | | |
| I | BCH | B | 0.12 | 0.11 | |
| I | BCH | B | 0.13 | 0.10 | |
| D | EX | B | 1.60 | 1.40 | |
| D | DSU | A | 41.00 | 0.18 | |
| | | | | | |
| PR 0+050 | | | | | |
| I | FL | A | 0.50 | | |
| I | DSU | M | 36.00 | 0.70 | |
| D | HUN | B | 0.56 | 0.80 | |
| I | FT | A | 0.29 | | |
| PR 0+100 | | | | | |
| I | EX | M | 2.60 | 1.30 | |
| I | DSU | B | 4.90 | 2.00 | |
| I | DSU | B | 10.00 | 1.10 | |
| | | | | | |
| PR 0+150 | | | | | |
| I | BCH | A | 0.60 | 0.50 | |
| I | DSU | A | 2.60 | 0.80 | |
| I | BCH | A | 0.60 | 0.50 | |
| I | DSU | M | 45.00 | 1.00 | |
| D | HUN | B | 0.70 | 0.70 | |
| PR 0+200 | | | | | |
| I | DSU | B | 25.00 | 1.00 | |
| PR 0+250 | | | | | |
| I | PC | M | 4.10 | 1.20 | |
| D | BCH | A | 0.50 | 0.40 | |
| I | PC | M | 1.30 | 1.20 | |
| D | FT | A | 2.50 | | |
| PR 0+300 | | | | | |
| I | HUN | A | 2.80 | 1.80 | |
| I | BCH | A | 0.70 | 0.60 | |
| D | FT | A | 1.00 | | |
| I | FL | M | 0.96 | | |
| | | | | | |

| | |
|---|--|
| Número de calzadas: 1 | COMENTARIOS: |
| Número de carriles por calzada: 2 | A largo de la vía se observaron diferentes fallas entre ellas la |
| Ancho de carril: 2.5m Ancho berma: 0.5m | más común es el desgaste superficial. |

Anexo 16. Medición de la rugosidad con MERLIN, en la avenida Los Eucaliptos



“Evaluación funcional del pavimento flexible aplicando el Índice Global del Pavimento (OPI), avenida Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores, 2020”

FORMATO PARA LA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLÍN

DISTRITO: San Juan de Miraflores FECHA: 30/09/2020
 NOMBRE DE LA VÍA: Av. Los Eucaliptos EVALUADO POR: Denis F. Porras Rojas HOJA: 1 DE: 1

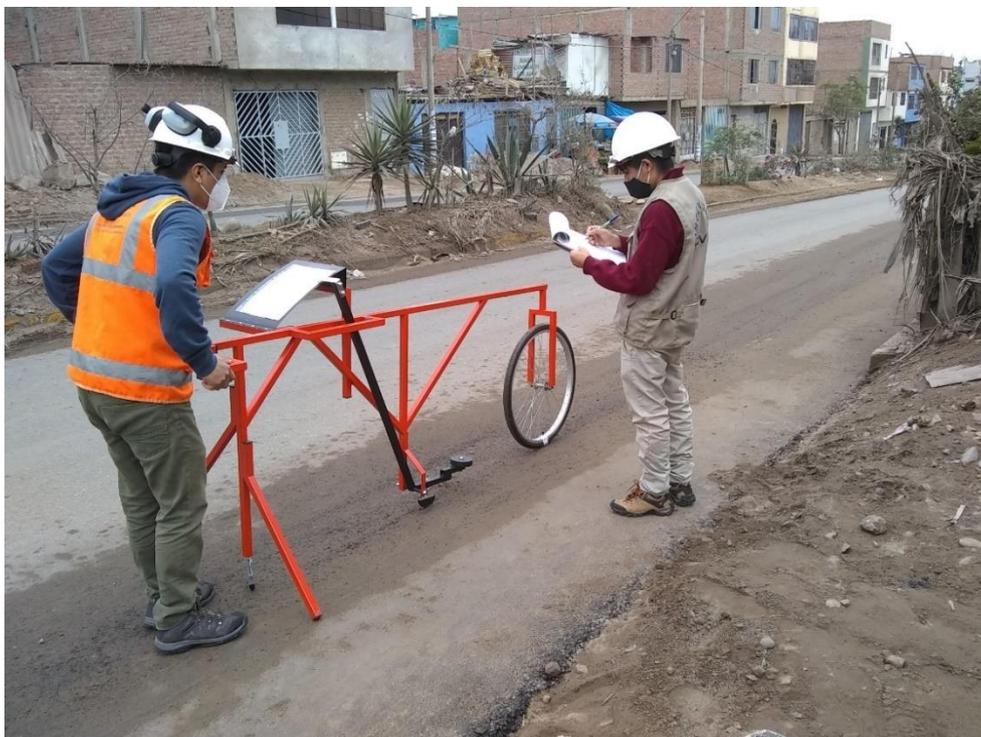
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 1 | 33 | 39 | 45 | 36 | 32 | 50 | 35 | 42 | 37 | 40 | TIPO DE PAVIMENTO: <input type="checkbox"/> |
| 2 | 12 | 23 | 33 | 34 | 44 | 31 | 45 | 44 | 26 | 1 | |
| 3 | 41 | 38 | 50 | 23 | 29 | 28 | 42 | 36 | 42 | 36 | AFIRMADO <input type="checkbox"/> |
| 4 | 33 | 39 | 35 | 38 | 38 | 34 | 41 | 25 | 48 | 30 | |
| 5 | 34 | 40 | 45 | 32 | 36 | 45 | 39 | 50 | 45 | 35 | BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> |
| 6 | 34 | 39 | 18 | 29 | 50 | 48 | 50 | 40 | 41 | 42 | |
| 7 | 39 | 40 | 37 | 36 | 32 | 29 | 32 | 25 | 42 | 43 | BASE IMPRIMIDA <input type="checkbox"/> |
| 8 | 30 | 16 | 32 | 39 | 43 | 36 | 1 | 1 | 41 | 50 | |
| 9 | 31 | 37 | 49 | 29 | 39 | 40 | 40 | 40 | 28 | 39 | TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/> |
| 10 | 49 | 38 | 34 | 40 | 39 | 35 | 41 | 37 | 43 | 35 | |
| 11 | 32 | 38 | 19 | 46 | 26 | 38 | 38 | 39 | 35 | 37 | CARPETA EN FRÍO <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12 | 36 | 37 | 36 | 38 | 37 | 34 | 35 | 35 | 39 | 36 | |
| 13 | 21 | 36 | 48 | 33 | 34 | 37 | 48 | 40 | 44 | 34 | CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/> |
| 14 | 43 | 34 | 37 | 27 | 47 | 50 | 33 | 39 | 25 | 33 | |
| 15 | 34 | 37 | 49 | 34 | 34 | 26 | 38 | 33 | 27 | 24 | RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/> |
| 16 | 38 | 42 | 50 | 26 | 28 | 35 | 40 | 42 | 50 | 40 | |
| 17 | 22 | 48 | 33 | 40 | 29 | 31 | 41 | 32 | 42 | 30 | SELLO <input type="checkbox"/> |
| 18 | 48 | 44 | 29 | 33 | 28 | 37 | 48 | 34 | 27 | 23 | |
| 19 | 49 | 23 | 10 | 50 | 42 | 30 | 43 | 46 | 16 | 45 | OTROS <input type="checkbox"/> |
| 20 | 43 | 12 | 43 | 19 | 34 | 28 | 40 | 37 | 39 | 50 | |

OBSERVACIONES: Lectura 20, se tomó como elevación máxima debido a la presencia de rompemuelle
Lectura 27, se tomó como elevación máxima debido a la presencia de rompemuelle

Anexo 17. Fotografías



Progresiva inicial en el ensayo para la obtención del IRI



Ensayo con el Rugosímetro de MERLIN para la obtención del IRI



Toma de datos hasta la progresiva (Km 0+100), en el cual se encontró un rompe muelle, considerándose como elevación máxima.



Toma de datos hasta la progresiva (Km 0+150)



Toma de datos hasta la progresiva (Km 0+200)



Toma de datos hasta la progresiva (Km 0+250)



Toma de datos hasta la progresiva (Km 0+300)



Toma de datos hasta la progresiva (Km 0+300)



Tramo final en el ensayo para la obtención del IRI



Medición la calzada en inicio de la vía de estudio para el ensayo **MDR**



Inicio de toma de datos para el MDR, progresiva (Km 0+000)



Toma de datos para el MDR – Falla presentada (Bache)



Toma de datos para el MDR hasta el primer tramo, progresiva (Km 0+050)



Presencia de fallas en el pavimento: Piel de cocodrilo y bacheo



Toma de datos para el MDR hasta el segundo tramo, progresiva (Km 0+100)



Toma de datos para el MDR hasta el tercer tramo, progresiva (Km 0+150)



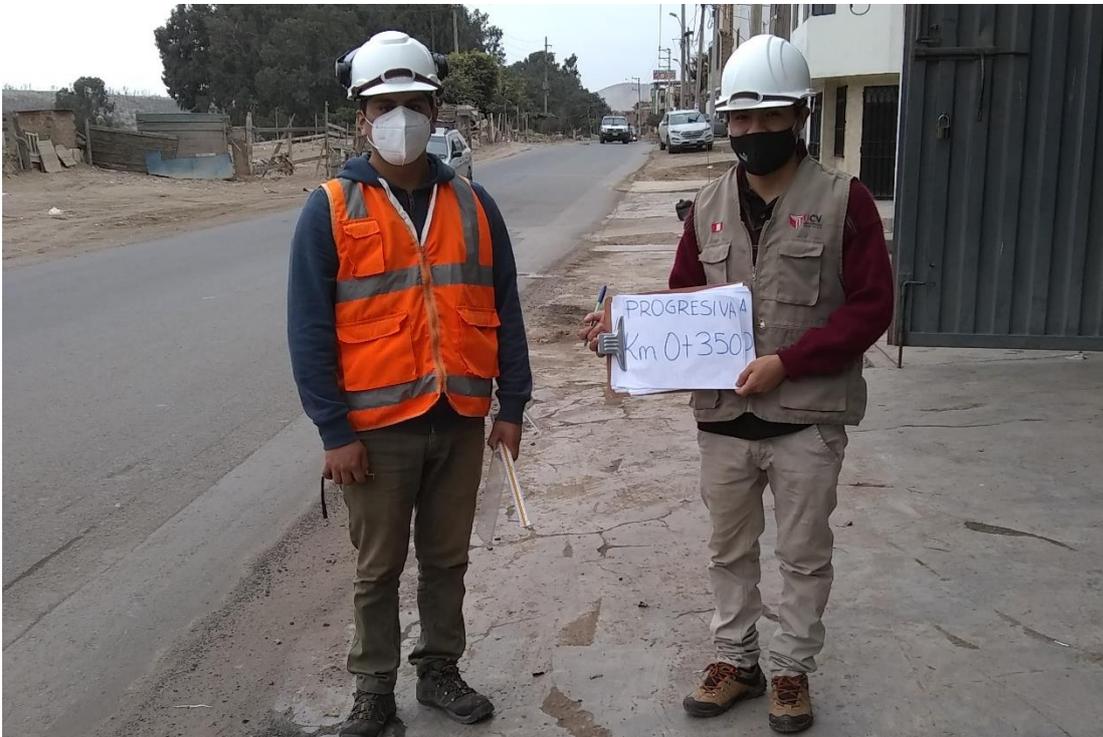
Toma de datos para el MDR hasta el cuarto tramo, progresiva (Km 0+200)



Toma de datos para el MDR hasta el quinto tramo, progresiva (Km 0+250)



Toma de datos para el MDR hasta el sexto tramo, progresiva (Km 0+300)



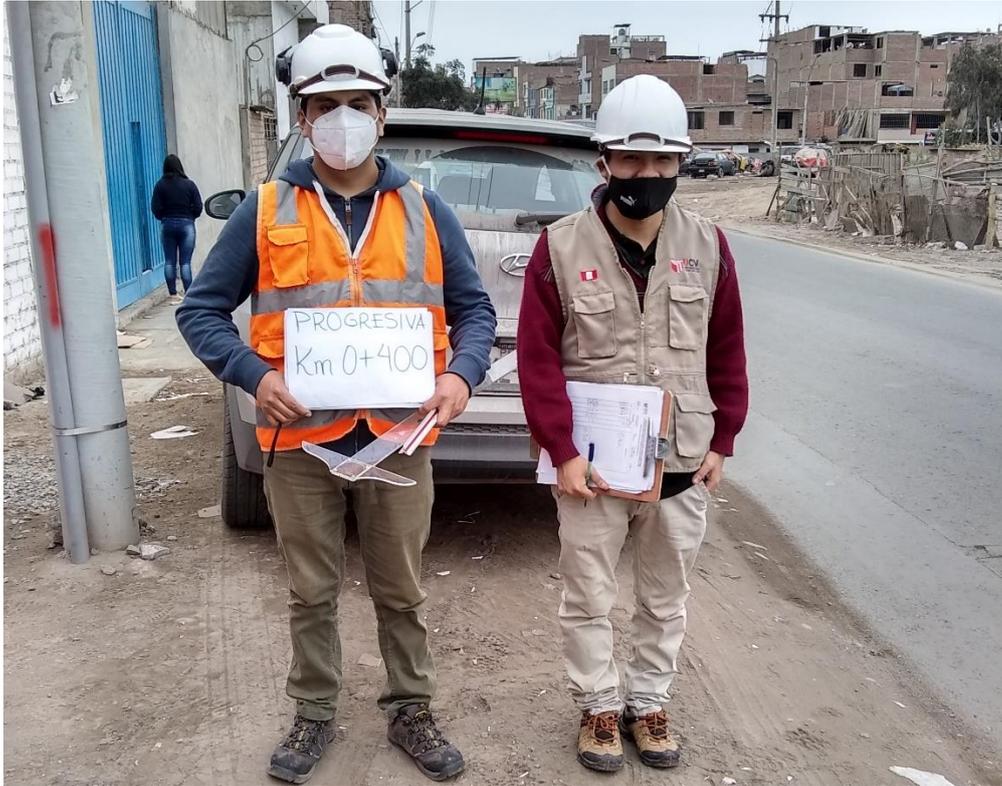
Toma de datos para el MDR hasta el séptimo tramo, progresiva (Km 0+350)



Fallas encontradas (Fisura Transversal y longitudinal)



Medición de falla encontrada (Fisura transversal)



Última toma de datos para el MDR, hasta el octavo tramo, progresiva (Km 0+400).
Agradecer a Jefferson por su apoyo en la toma de registro de datos.