

Llamkasun

Trabajemos



Tecnologías empleadas en la evaluación de pavimentos e impacto que han generado

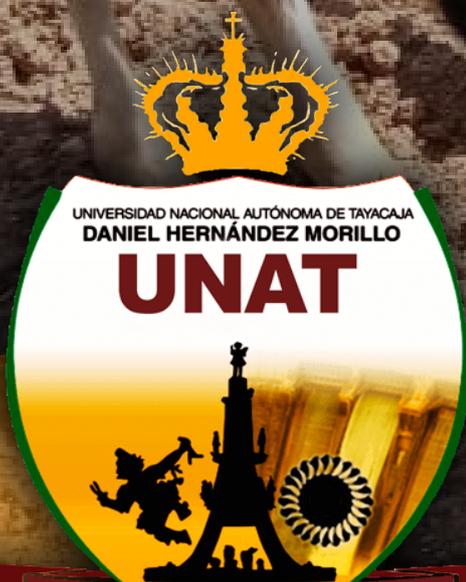


Technologies used in the evaluation of pavements and impact that have generated



Tecnologias utilizadas na avaliação dos pavimentos e do impacto que geraram

10.47797/llamkasun.v2i1.29



ENSEÑANZA - INVESTIGACIÓN - INNOVACIÓN

ISSN: 2709 - 2275

ENERO JUNIO - 2021

Tecnologías empleadas en la evaluación de pavimentos e impacto que han generado

Technologies used in the evaluation of pavements and impact that have generated

Tecnologias utilizadas na avaliação dos pavimentos e do impacto que geraram

Leydy Diana Karolin Castro Chuyo 

Universidad Señor de Sipán

Sócrates Muñoz Pérez 

Universidad Señor de Sipán

Jimmy Jarley Paucar Aguilar 

Universidad Señor de Sipán

Rosa Vanessa Ramirez Silva 

Universidad Señor de Sipán

RESUMEN

Los Pavimentos son una de las principales obras que ayudan al desarrollo de los países, teniendo en cuenta un buen rendimiento de soporte y permitan la transitividad de vehículos sin sufrir grandes daños. Por ello los diferentes métodos empleados para la evaluación de estos como el estudio de fallas y desempeño de los pavimentos, permite dar recomendaciones adecuadas para su mantenimiento. El estudio de los diferentes métodos de evaluación tradicionales como el IRI, PCI, SDI, entre otros, con la incorporación de las nuevas tecnologías nos permite definir los métodos más idóneos y de bajo costo para la evaluación de las vías, teniendo como objetivo conocer los diferentes métodos de evaluación de pavimentos que permitan conocer las típicas fallas de estos y tiempo de vida útil, dando un debido mantenimiento en el tiempo que estas lo requieran; por lo que es importante definir cuáles son los métodos y tecnologías aplicados a estos que podremos utilizar para una determinada zona o región, ya que cada lugar es diferente y se requieren utilizar métodos sencillos, seguros y económicos, que permitan determinar la alternativa de mantenimiento o rehabilitación adecuada, dando resultados óptimos y previniendo la afectación de las carreteras.

Palabras Claves: evaluación, pavimentos, tecnologías, lidar, gestión.

ABSTRACT

Pavements are one of the main works that help the development of countries, taking into account a good support performance and allow the transitivity of vehicles without suffering great damage. Therefore the different methods used for the evaluation of these as the study of failures and performance of the pavements, allows to give appropriate recommendations for their maintenance. The study of the different traditional evaluation methods such as IRI, PCI, SDI, among others, with the incorporation of new technologies allows us to define the most suitable and low cost methods for the evaluation of roads, aiming to know the different methods of evaluation of pavements that allow to know the typical failures of these and time of useful life, giving a due maintenance in the time that these require it; so it is important to define which are the methods and technologies applied to these that we can use for a particular area or region, since each place is different and requires the use of simple, safe and economical methods, which can determine the alternative maintenance or rehabilitation appropriate, giving optimal results and preventing the affectation of roads.

Keywords: evaluation, pavements, technologies, lidar, management

RESUMO

Os pavimentos são uma das principais obras que ajudam o desenvolvimento dos países, tendo em conta um bom desempenho de apoio e permitem a transitoriedade dos veículos sem sofrer grandes danos. Por esta razão, os diferentes métodos utilizados para os avaliar, tais como o estudo das falhas e o desempenho dos pavimentos, permitem-nos dar recomendações adequadas para a sua manutenção. O estudo dos diferentes métodos tradicionais de avaliação como o IRI, PCI, SDI, entre outros, com a incorporação de novas tecnologias, permite-nos definir os métodos mais adequados e de baixo custo para a avaliação de estradas, tendo como objectivo conhecer os diferentes métodos de avaliação de pavimentos que permitem conhecer as falhas típicas destes e o tempo de vida útil, dando uma manutenção adequada no tempo que estes requerem; A utilização de uma variedade de métodos e tecnologias para avaliação de pavimentos é importante para a utilização de uma determinada área ou região, uma vez que cada local é diferente e requer a utilização de métodos simples, seguros e rentáveis que permitam determinar a alternativa adequada de manutenção ou reabilitação, proporcionando resultados óptimos e prevenindo a deterioração das estradas.

Palavras-chave: avaliação, pavimentação, tecnologias, lidar, gestão.

INTRODUCCIÓN

Los pavimentos son una de las principales infraestructuras en el transporte vial, mantener una carretera en las mismas condiciones a lo largo de su vida resulta complicado (T, M, & S, 2020). es imposible imaginar el avance industrial y económico sin transporte, jugando este un importante rol en la economía. (Suresh, Mamatha, & Dinesh, 2020) Siendo el principal indicador de un país desarrollado el tener un correcto diseño y mantenimiento de carreteras, ya que el transporte actúa como el sistema nervioso en el avance económico, social y cultural. (Katpatal, Harashal, & Mukesh, 2020).

El envejecimiento de los aglutinantes afecta de manera importante la vida útil del pavimento (Tejeshwini, Gowtham, Mamatha, Dinesh, & Tadas, 2020). Por tanto la exposición del deterioro en la carpeta asfáltica de los pavimentos llega a ser perjudicial para la seguridad de la circulación vehicular, haciéndolas menos comfortable e incrementando los costos de operación (Solminihac, 2001); siendo necesaria la disponibilidad de infraestructuras viales en buenas condiciones, ya que una infraestructura sobrecargada con alto volumen de tráfico

afecta la disponibilidad y seguridad de las mismas (Rosada, Arliansyah, & Buchari, 2019), siendo otro factor las condiciones climáticas siendo de importancia la evaluación de las superficies de pavimentos, con métodos simples, efectivos, eficientes y confiables, que se utilizaran para dar recomendaciones que fortalezcan el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos (Arianto, Suprpto, & Syafi, 2018), (Aramayo, Silva Junior & Fontenele, 2019). Ya que la influencia de las condiciones del pavimento son determinantes en los accidentes que suceden en carreteras, ya que su vida útil se ve terminada cuando esta muestra menor resistencia al deslizamiento (Baskara, et al, 2020).

Los estudios preventivos de los pavimentos se basan principalmente en los pavimentos asfálticos obteniéndose diversas investigaciones; sin embargo, debido a la resistencia a la flexión baja y resistencia a la compresión alta de los pavimentos rígidos también es importante el análisis de estudios preventivos en este tipo de pavimentos. (Chen, Wang, Long, & Lei, 2020) El mantenimiento de pavimentos debe ser realizado mediante criterios medibles, y debidamente establecidos que permitan la recolección de datos que ayuden

a la determinación del estado de los pavimentos (Hermawan, Suprpto, & Setyawan, 2017). La evaluación de los pavimentos se realiza típicamente usando pruebas no destructivas (Nayana, Mamatha, Dinesh, & Lokesh, 2020), en base a las propiedades funcionales y estructurales para determinar la afectación de las superficies y deterioro funcional de este (Shibil, Sivakumar, & Anjeneyulu, 2020), permitiendo decidir las operaciones adecuadas de mantenimiento en base a las fallas que se determinen mediante la recolección de datos (Barundin, et al, 2019). En la gestión de pavimentos es conveniente el uso de tecnologías que sirvan de apoyo para la obtención de datos que conlleven a una mejor valorización funcional, que junto con la aplicación de métodos visuales permiten categorizar el estado de las vías, (Macea Mercado, Máquez Díaz, & Morales, 2016) Las nuevas tecnologías facilitan la detección de zonas que requieran reparaciones, siendo más eficiente la toma de decisiones en la búsqueda estrategias de mantenimiento con el objetivo de ofrecer vías seguras, cómodas y económicas (Marcomini Pinatt, Luiz Chicati, Sereni Ildefonso, & Grégio D'arce Filetti, 2020) . La promoción de metodologías de proyectos para la rehabilitación de pavimentos se ha convertido en una

necesidad debido a la importancia para la recuperación y mantenimiento del patrimonio vial construido (Andrade Neto, López, & Rufino, 2015). Este trabajo tiene como finalidad conocer los diferentes métodos de evaluación de pavimentos que permitan conocer las típicas fallas de estos y tiempo de vida útil, dando un debido mantenimiento en el tiempo que estas lo requieran y evitar fallas difíciles de controlar.

La búsqueda de información para iniciar la revisión de diferentes textos comprendió la identificación de artículos de estudios sobre evaluación del estado de pavimentos y los diferentes métodos que estos han aplicado para lograr unos adecuados resultados y poder dar recomendaciones y prioridades a los tipos de reparación que cada área de estudio requerido. Esto se logró mediante el uso de palabras clave (evaluación de pavimentos, pavimentos, tecnologías y pavimentos)

Los artículos de investigación utilizados provienen de los buscadores de publicaciones científicas (Scopus, Iops science, Science direct), con el uso de palabras clave se pudo ubicar más de 50 artículos de los cuales 39 han sido incluidos en este estudio.

Las fuentes secundarias provienen de las referencias ubicadas en los artículos de

investigación consultados o palabras clave relevantes encontradas en estos.

Resultados encontrados en la revisión literaria.

Con la finalidad de facilitar la evaluación de pavimentos se desarrollaron diversos estudios en base a escalas visuales que ayudan a la clasificación de vías (Aramayo, Silva Junior, & Fontenele, 2019), el desarrollo de los diversos métodos de evaluación sobre el estado de los pavimentos ha ido mejorando con el tiempo, pues controlar e investigar las condiciones operativas de este, permite un mejor flujo del tránsito y evitar las congestiones vehiculares en las grandes autopistas y carreteras con mayor flujo.

Algunos de los métodos estudiados para el control del estado de los pavimentos son mencionados por diferentes autores en sus investigaciones científicas, como:

El Índice de condición del pavimento – PCI asociado a Micro Paver, el empleo del PCI para evaluar las superficies de los pavimentos mediante escalas valorativas y asociadas al software Micro Paver permiten no solo indicar el estado del pavimento sino identificar las reparaciones más rentables para las carreteras en estudio (Rasha, Ammar, & Hussein, 2020). La aplicación del Micro Paver que funciona como sistema de gestión de pavimentos, al ser una

herramienta que almacena datos proporciona información sobre la condición del pavimento y ayudando a la toma de decisiones para alternativas de mantenimiento de estos (Wang & Pyle, 2019).

El Índice Internacional de Rugosidad - IRI, propuesto por el Banco Mundial en 1986, se usa para evaluar las superficies del pavimento, caracterizando los perfiles de las carreteras longitudinales, convirtiéndose en uno de los métodos más usado a nivel mundial, este método expresa la relación de acumulación de movimiento vertical del vehículo y la distancia recorrida (Goenaga, Fuentes, & Mora, 2017). Este método usa criterios de evaluación para la superficie de los pavimentos.

El Índice de Desgaste Superficial (Índice de Angustia Superficial) - SDI, que permite evaluar la condición de los pavimentos de manera visual usando los indicadores de área total de la grieta, ancho medio de la grieta, número de baches, profundidad de roderas de vehículo (Goenaga, Fuentes, & Mora, 2017).

El IRI se aplicó en las carreteras de indonesia, mediante el aplicativo Roadroid que puede ser utilizado en teléfonos inteligentes permitiendo obtener los valores IRI, los cuales obtienen las rugosidades mediante las vibraciones del teléfono ya

situado en el vehículo. La aplicación mostrará resultados de las condiciones de carretera cada 100m, permitiendo conocer el estado del pavimento de una forma segura, sencilla, cómoda y barata, que junto con el SDI permitió obtener mejores resultados y dar recomendaciones más adecuadas para la rehabilitación de pavimentos (Arianto, Suprpto, & Syafi, 2018).

Otro estudio menciona que la medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante el uso del perfilómetro estático Merlin, como factor importante en la caracterización de las condiciones de una carretera, reduciendo costos de operación y el tiempo de procesamiento de datos (Álvarez & Rivero, 2012), centrándose en el desarrollo de un modelo para predecir la rugosidad (IRI) de las averías del pavimento flexible. Los datos de IRI se recopilaban de todas las secciones utilizando el sistema de prueba Dynatest Road Surface Profiler (RSP). Con el software SPSS, se ha utilizado una regresión lineal múltiple escalonada para desarrollar el modelo entre el IRI y las fallas visibles del pavimento, según los datos recopilados. La ecuación resultante se encontró entre el IRI y los porcentajes de agregado pulido, baches de severidad alta y media, agrietamiento de cocodrilo de severidad media, parcheo de

severidad media, deshilachamiento de severidad alta y corrugación de severidad alta. Para desarrollar un modelo para predecir el IRI, se han utilizado las fallas del pavimento y los datos del IRI para modelar y validar. (Hasan H, Miami M, & Muataz S, 2020)

Las Redes Neuronales de Base Radial (RBFNN), que son métodos de aproximación que permiten calcular la disminución del pavimento de las carreteras. Estas se basan en datos históricos existentes de la condición de la carretera. Los datos se pueden obtener en base a encuestas, obteniendo información sobre el estado del pavimento, historial de mantenimiento, material usado para el pavimento, tráfico, entre otros. El análisis del modelo RBFNN se realiza mediante el uso del software de estadística SPSS, el cual permitirá la estandarización de datos mediante ecuaciones estadísticas. El modelo desarrollado permitía hacer predicciones sobre el deterioro de los pavimentos demostrando gran capacidad y flexibilidad en la muestra de resultados (Rosada, Arliansyah, & Buchari, 2019). La aplicación de estos procedimientos permite mitigar la cantidad de experimentos a realizar en la configuración de una red de Base Radial para el diagnóstico de fallos ya que plantea una selección secuencial de los

parámetros más importantes, basado en un orden de configuración lógico (Barrero Viciado, Fernández Díaz, & Llanes Santiago, 2014), (Mercado Polo, Pedraza Caballero, & Martínez gómez, 2015). Las redes neuronales artificiales son un conjunto de diferentes datos que se van obteniendo a través de la observación de un fenómeno determinado que van transcurriendo en diferentes lapsos de tiempos. Este método ha generado grandes importes en diferentes campos, debido a que por medio de patrones se realizan diferentes diagnósticos (P. Mateus, Gonzáles, & Branch, 2014), así adquieren el conocimiento a través del aprendizaje, estableciendo una relación entre conjuntos de números de entrada y salida, permitiendo la resolución de problemas en la ingeniería de pavimentos (Leiva Villacorta, Vargas Nordcbeck, & Timm, 2017).

En la actualidad, la tecnología de los sistemas de información geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés), se permanecen empleando en el planeta en casi cada una de las ramas de la ciencia y la tecnología, a saber, para averiguaciones científicas, la administración de los recursos, la gestión de activos, la arqueología, ingeniería, la logística, etcétera (Santovenia Díaz, Tarragó Montalvo, & Cañedo Andalia, 2009). Un estudio cualitativo-documental,

desde el cual se valoraron los artículos de revistas de elevado efecto publicados recientemente, identificando los primordiales aportes de los sistemas de información geográfica (GIS) concentrado a la administración de pavimentos flexibles. Los requerimientos para la puesta en marcha de un GIS son hardware, programa, procedimientos y personal enfocado en las próximas etapas: Captura y preparación de información, gestión (incluido manejo y mantenimiento), manejo y análisis de información, investigación (usuario del producto final) (Silva Balaguera, Daza Leguizamón, & Lopez Valiente, 2018). Los SIG contienen la información de forma digital, utilizando diferentes sistemas informáticos (softwares) en la actualidad son ArcInfo, ArcView, ArcGis, GRASS, MapInfo, IDRISI, GéConcept, entre otros (Arancibia, 2008).

Otro aporte de la tecnología en pavimentos es El sistema Light Detection and Ranging (LiDAR) que funciona como una fuente principal de datos de superficie de alta precisión a mayor escala (Toth, Paska, & Brzezinska, 2008), este sistema basado en sensores remotos ópticos permite la visualización en 3D de un área u objeto escaneados, permitiendo la investigación en el diseño y gestión de pavimentos. Demostrando tener un alto potencial en la

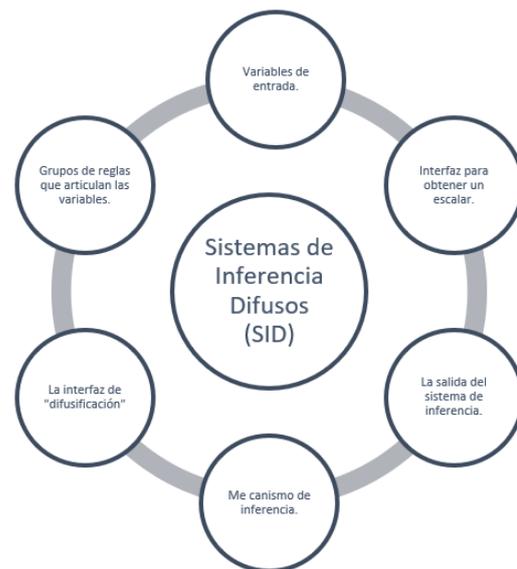
inspección de pavimentos. El instrumento LiDAR permite medir las superficies de las losas de pavimentos rígido, estimando las deflexiones y comparándolas con los índices de rendimiento y diferentes diseños del pavimento. Por ello el uso de esta herramienta permite la proporción de información detallada y minimizar los problemas relacionados a la inspección de campo (Yang, y otros, 2018). Los beneficios de este sistema de escáner laser móvil y cámaras con sistemas de posición, sobre otros equipos de levantamiento convencionales incluye el ahorro de costos, tiempo, mayor resolución de tomas y seguridad en el arrojado de información, mostrando eficacia en la proporción de datos para mejorar el mantenimiento urbano, este sistema combinado a las imágenes RGB podría mejorar el arrojado de información para diferenciar los tipos de carreteras y detectar defectos (Díaz - Vilariño, Gónzales Jorge, Bueno, Arias, & Puente, 2016).

Los Sistemas de inferencias difusos (SID), Este método permite el uso de tres sistemas basados en lógica difusa para determinar rápidamente la calidad de la superficie de la carretera para inferir rigidez y deterioro, como opciones de mantenimiento de la carretera (mala, normal, buena) o cambios de idioma, como recomendaciones de

protección (reconstrucción, refuerzo, etc.). Utilice datos de auscultación no destructivos registrados en sistemas de pavimento de 3 y 4 capas, incluidas estructuras tradicionales e invertidas (con base reforzada). La base de datos incluye datos sobre la fuerza y gravedad de las enfermedades estructurales, así como parámetros e indicadores de rigidez derivados de las pruebas de deflexión basadas en los efectos. Para este trabajo, se emplea el sistema planteado por Mandami y Assilian (1975), formado por:

Figura 1

Sistemas de Inferencia Difusos (SID)



Concluyendo que los sistemas tienen la posibilidad de utilizarse con confianza para evaluaciones rápidas y toma de decisiones a grado universal o descriptivo en corredores viales (Romo Organista & Beltrán Calvo, 2014).

Método No Destructivo (NDT) con Deflectómetro de Peso Caída (FWD), La evaluación del desempeño del pavimento es crucial para mejorar la calidad del manejo de la carretera a fin de materializar un manejo más eficiente, confiable, efectivo y con un objetivo preciso a fin de facilitar el monitoreo y la evaluación sostenible del desempeño de la carretera. El análisis consiste en el análisis del tráfico, el análisis de la condición estructural, el establecimiento del índice de condición estructural (SCI) y la recomendación para el manejo de carreteras segmentadas. Los datos que comprenden la curva de deflexión y la temperatura del pavimento se obtuvieron del Deflectómetro de caída de peso, la herramienta que tiene una placa de carga de 300 mm de diámetro, una carga de 200 kg de peso y una altura de caída de 315 mm. La distancia entre los deflectómetros se estableció entre 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200 y 1500 mm desde el centro de carga para ajustarse al espesor total del pavimento que era de 300-700 mm (normal). La evaluación comprende información sobre el desempeño de la estructura del pavimento sobre la carga de tráfico y las condiciones ambientales. La evaluación del desempeño del pavimento se realiza con evaluación funcional y estructural. La evaluación funcional del

pavimento se basa en el valor del IRI (Índice Internacional de Rugosidad) que, entre otros, se deriva de la lectura de NAASRA para su análisis. (Hasanuddin & B, 2018)

Método AREA y Método YONAPAVE, una adecuada evaluación inicial es fundamental para gestionar adecuadamente el mantenimiento del pavimento. En este sentido, los ensayos no destructivos como los ensayos de deflexión permiten obtener información de primera mano sin alterar el estado del pavimento, y su uso es cada vez más común. Las metodologías aplicadas al análisis de deflexión son: Caso de estudio, datos iniciales, medida de deflexión, análisis, usando software y análisis de las deflexiones mediante el método AREA. Se identifican varios aspectos que permitirán mejorar estos procedimientos. Los resultados obtenidos en este estudio demuestran la utilidad de los métodos de retrocálculo para analizar el estado estructural de pavimentos rígidos como etapa inicial en el desarrollo de sistemas de gestión de pavimentos. Las conclusiones validan el uso de programas de retrocálculo en el análisis estructural de pavimentos rígidos, comparando los resultados obtenidos con métodos analíticos manuales. Se determinaron los módulos elásticos de las capas del pavimento. Se determinaron

los módulos elásticos de las capas del pavimento. Dichos son los primordiales parámetros para el cálculo de la vida restante de la composición, que facilitan la toma de elecciones en torno a la gestión del pavimento (Valera & Pacheco Torres, 2019)

El sistema planteado Dispositivo de inventariado de daños en el pavimento usa un transporte equipado con diversos dispositivos electrónicos de bajo precio que permiten el registro y ubicación geográfica automática de los daños que hay en el pavimento, la cual se puede utilizar en diferentes plataformas de análisis de información geográfica. El dispositivo es sencillo, de fácil instalación, se puede adaptar a diferentes tipos de vehículos, los datos recopilados son guardados en una microSD y sobre todo de bajos costos a comparación de otros métodos manuales como el PCI (Macea Mercado, Morales, & Márquez Díaz, 2016). Comenzó a fines de la década de 1960 y fue desarrollado originalmente por el Banco Mundial. El modelo de degradación HDM-4 evalúa el estado efectivo y estructural de la superficie de la carretera. La condición funcional evalúa las características operativas y el estado de la superficie de la carretera en base a patrones de desgaste, baches, rugosidad y fricción. (Rodríguez Moreno,

Theboux Zeballos, & Gonzáles Vaccarezza, 2013). Menciona que el desarrollo del modelo HDM-4 es una herramienta de apoyo a la gestión de caminos y senderos, lo que lo hace posible a través de procedimientos de evaluación de alternativas relacionadas con la inversión en caminos y proyectos viales. Considere el ciclo de vida de la carretera para realizar un análisis técnico y económico para determinar los costos y beneficios. (Pradena Miquel & Posada Henao, 2007)

CONCLUSIONES

La aplicación de tecnologías en los métodos tradicionales usados para la evaluación de pavimentos ha permitido identificar la fallas y nivel de gravedad de estos, de una manera más rápida, eficaz, y reduciendo los costos que implican el uso de diferentes materiales. Permitiendo además una mejora en los resultados y determinación en los tipos de mantenimiento que estos deberían recibir, según el nivel de afectación que presenten.

La evaluación IRI, presenta diversas propuestas como el uso de aplicativos de teléfonos que resultan ser de mucha utilidad, además de ser gratuitos, los cuales permiten la evaluación de los pavimentos de manera simple y económica. Permitiendo a

cualquier usuario poder evaluar los estados del pavimento, ya que el estado de estos afecta de sobremanera sus unidades vehiculares. Este tipo tecnologías, nos muestran lo sencillo que puede volverse la evaluación de un pavimento, permitiendo a los profesionales determinar el tipo de mantenimiento que estos requerirán, ofreciendo así el acceso a carreteras en mejores condiciones.

Los métodos de predicción mediante las Redes Neuronales y el SPSS, permiten tener un modelo con los principales pavimentos, tiempo de vida actual, daños comunes, permitiendo detectar fallas o prevenirlas. Así como recomendar acciones de mejora y prevención sobre todo en las principales avenidas.

El Sistema de inferencias difusas se utiliza para evaluaciones rápidas en pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, ya que de una forma confiable se puede verificar la condición, el deterioro de la estructura vial y así clasificar la conservación que tiene cada pavimento estudiado. Al hacer este estudio se debe tener en cuenta la severidad de daño que tiene el pavimento, el grado rigidez y los resultados de las pruebas de deflexión por impacto, teniendo al final una base de datos, los cuales será empleada en el proceso de sistema de inferencias difusas.

El uso de tecnologías va avanzando en todo el mundo, y la aplicación de estas en los pavimentos se vuelve más común, en un país como el nuestro en el que las carreteras suelen ser un grave problema para el público en las operaciones de transporte y siendo estas de gran importancia, no debemos ser ajenos al estudio y aplicación de estas herramientas para la mejora de pavimentos, estas tecnologías no solo han demostrado eficacia, si no también han reducido tiempos de estudio, y costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Álvarez, S., & Rivero, R. (2012). Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 27(1), 49-55. Recuperado el 9 de noviembre de 2020, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000100006&lng=es&tlng=es.

Andrade Neto, C., López, I. M., & Rufino, J. (2015). Metodología de análisis de la condición del pavimento a partir del cuenco de deflexión. *Infraestructura Vial*, 17(29), 24-32.

- Recuperado el 9 de noviembre de 2020, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052015000100024&lng=en&tlng=es.
- Aramayo, L., Silva Junior, C., & Fontenele, H. B. (2019). Escala visual para evaluación de pavimentos urbanos. *Ingeniería de construcción*, 34(1), 45-54. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000100045>.
- Aramayo, L., Silva Junior, C., & Fontenele, H. (2019). Evaluación Visual para la evaluación de pavimentos urbanos: Una validación en oficina. *Revista Ingeniería de construcción*, 34(1), 45-54. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000100045>
- Arancibia, M. E. (2008). El uso de los sistemas de información geográfica – SIG- en la planificación estratégica de los recursos energéticos. *Polis*, 7(20), 227-238. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682008000100012>
- Arianto, T., Suprpto, M., & Syafi. (2018). Pavement Condition Assessment Using IRI from Roadroid and Surface Distress Index Method on National Road in Sumenep Regency. *Materials Science and Engineering*, 333. doi:[10.1088/1757-899X/333/1/012091](https://doi.org/10.1088/1757-899X/333/1/012091)
- Barrero Viciedo, E., Fernández Díaz, B., & Llanes Santiago, O. (2014). Propuesta de procedimiento para configurar una red neuronal artificial de Base Radial con aplicaciones en el diagnóstico de fallos. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 35(3), 60-75. Recuperado el 9 de noviembre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282014000300006&lng=es&tlng=es.
- Barundin, N. M., Yaacob, H., Hassan, N. A., Warid, N. M., Idhan, M. K., Ismail, C. R., . . . Jaya, R. P. (2019). Correlation between functional and structural properties of flexible. *Earth and Environmental Science*, 220. doi:[10.1088/1755-1315/220/1/012007](https://doi.org/10.1088/1755-1315/220/1/012007)
- Baskara, et al. (2020). Influence of pavement condition towards accident number on Malaysian highway. *Earth and Environmental Science*, 220. doi:[10.1088/1755-1315/220/1/012008](https://doi.org/10.1088/1755-1315/220/1/012008)

- Chen, Q., Wang, G., Long, X., & Lei, J. (2020). Establishment of criteria for determining preventive maintenance requirements of cement pavement. *Materials Science and Engineering*, 792. doi:10.1088/1757-899X/792/1/012006
- Díaz - Vilariño, L., Gónzales Jorge, H., Bueno, M., Arias, P., & Puente, I. (2016). Automatic classification of urban pavements using mobile LiDAR data and roughness descriptors. *Construction and Building Materials*, 102, 208-215. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.199
- Goenaga, B., Fuentes, L., & Mora, O. (2017). Evaluation of the methodologies used to generate random pavement profiles based on the power spectral density: an approach based on the International Roughness Index. *Ingeniería e Investigación*, 37(1), 49-57. doi: http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig
- Hasan H, J., Miami M, H., & Muataz S, A. (2020). Developing International Roughness Index (IRI) Model from visible pavement distresses. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/737/1/012119
- Hasanuddin, A., & B, Y. (2018). Evaluation of Road Performance Based on International Roughness Index and Falling Weight Deflectometer. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/333/1/012090
- Hermawan, Suprpto, M., & Setyawan, A. (2017). The Use of International Roughness Index and Structural Number for Rehabilitation and Maintenance Policy of Local Highway. *Materials Science and Engineering*, 176. doi:10.1088/1757-899X/176/1/012031
- Katpatal, Y., Harashal, K., & Mukesh, M. (2020). Spatial Pavement Information System for Transportation Networks Based on Distress Features in Nagpur City Using RSand GIS. *Recent Trends in Civil Engineering, Lecture Notes in Civil Engineering*, 77, 331-342. doi:https://doi.org/10.1007/978-981-15-5195-6_26
- Leiva Villacorta, F., Vargas Nordcbeck, A., & Timm, D. H. (Marzo de 2017). Non-destructive evaluation of sustainable pavement technologies using artificial neural networks. *International Journal of Pavement*

- Research and Technology, 10(2), 139-147.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2016.11.006>
- Macea Mercado, L. F., Márquez Díaz, L. G., & Morales, L. (2016). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XVII(2), 223-235.
doi:[10.1016/j.riit.2016.06.007](https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.06.007)
- Macea Mercado, L. F., Morales, L., & Márquez Díaz, L. G. (2016). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 17, 223-236.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.06.007>
- Marcomini Pinatt, J., Luiz Chicati, M., Sereni Ildefonso, J., & Grégio D'arce Filetti, C. (2020). Evaluation of pavement condition index by different methods: Case study of Maringá, Brazil. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 4.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.trip.2020.100100>
- Mercado Polo, D., Pedraza Caballero, L., & Martínez gómez, E. (2015). Comparación de Redes Neuronales aplicadas a la predicción de Series de Tiempo. *Prospectiva*, 13(2), 88-95.
doi:<https://doi.org/10.15665/rp.v13i2.491>
- Nayana, D., Mamatha, K., Dinesh, S., & Lokesh, T. (2020). Pavement Evaluation Using Falling Weight Deflectometer (FWD). *Recent Trends in Civil Engineering, Lecture Notes*, 77, 445-458. doi:
https://doi.org/10.1007/978-981-15-5195-6_35
- P. Mateus, S., Gonzáles, N., & Branch, J. (2014). Aplicación de Redes Neuronales Artificiales en Entornos Virtuales Inteligentes. *Información Tecnológica*, 25(3), 103-112. doi:
[10.4067/S0718-07642014000500015](https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000500015)
- Pacios Álvarez, A., Ordieres Meré, J., Paris Loeriro, Á., & De Marcos, L. (2020). Opportunities in airport pavement management: Integration of BIM, the IoT and DLT. *Journal of Air Transport Management*, 90.
- Pradena Miquel, M., & Posada Henao, J. (2007). Análisis de Inversiones en Carreteras Utilizando Software HDM-4. *Revista de la Construcción*, 6(1), 35-47. Obtenido de

- <https://www.redalyc.org/pdf/1276/127619409004.pdf>
- Rasha, H., Ammar, A., & Hussein, S. (2020). Evaluation of rigid pavement using the Pavement Condition. *Materials Science and Engineering* 737, 737. doi:10.1088/1757-899X/737/1/012128
- Rodríguez Moreno, M., Theboux Zeballos, G., & González Vaccarezza, A. (2013). Evaluación probabilística del agrietamiento de pavimentos asfálticos en carreteras de Chile. *Revista de la Construcción*, 12(2), 152-165. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000200012>
- Romo Organista, M. P., & Beltrán Calvo, G. I. (2014). Evaluación de pavimentos y decisiones de conservación con base en sistemas de inferencia difusos. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 391-402. doi:[https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)70349-X](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)70349-X)
- Rosada, A., Arliansyah, J., & Buchari, E. (2019). Evaluation Pavement Deteriorating Condition on Surface Distress Index (SDI) Data Using Radial Basis Function Neural Networks (RBFNN). *Journal of Physics: Conf. Series*, 1198. doi:10.1088/1742-6596/1198/3/032008
- Santovenia Díaz, J., Tarragó Montalvo, C., & Cañedo Andalia, R. (2009). Sistemas de información geográfica para la gestión de la información. *ACIMED*, 20(5), 72-75. Recuperado el 9 de noviembre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352009001100007&lng=es&tlng=es.
- Shibil, M., Sivakumar, M., & Anjeneyulu, M. (2020). Development of Pavements Performance Prediction Models for Low-Volume Roads Using Functional Characteristics. *Advances in Civil Engineering, Lecture Notes in Civil Engineering*, 83, 233-246. doi:https://doi.org/10.1007/978-981-15-5644-9_16
- Silva Balaguera, A., Daza Leguizamón, O., & Lopez Valiente, L. (2018). Gestión de pavimentos basado en sistemas de información geográfica (SIG): una revisión. *Revista Ingeniería Solidaria*, 14(26). doi:<https://doi.org/10.16925/in.v14i26.2417>
- Solminihac, H. (2001). Gestión de infraestructura vial. Ediciones

- Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Suresh, B., Mamatha, K., & Dinesh, S. (2020). Utilization of RAP in Flexible Pavements. *Recent Trends in Civil Engineering, Lecture Notes in Civil Engineering*, 77. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-5195-6_33
- T, M., M, A., & S, V. (2020). Evaluation of Toll Road Pavement Performance Based on the 2013 Bina 2013 Bina Marga Method (Case Study: Serpong-Pondok Aren Toll Road). *Earth and Environmental Science*, 498, 498-506. doi:10.1088/1755-1315/498/1/012024
- Tejeshwini, S., Gowtham, B., Mamatha, K., Dinesh, S., & Tadas, A. (2020). Influence of Long-Term Laboratory Aging on Properties of Binder. *Recent trends un civil Engineering, Lecture Notes in Civil Engineering*, 77, 431-44. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-5195-6_34
- Toth, C., Paska, E., & Brzezinska, D. (2008). USING ROAD PAVEMENT MARKINGS AS GROUND CONTROL FOR LIDAR DATA. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII, 189-195.
- Valera, F., & Pacheco Torres, R. (2019). Asset management innovation for rigid pavements. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/512/1/012042
- Wang, Z., & Pyle, T. (2019). Implementing a pavement management system: The Caltrans experience. *Internacional Journal of Transportation Science and Technology*, 8, 251-262. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2019.02.002>
- Yang, S., Ceylan, H., Gopalakrishnan, K., Kim, S., Taylor, P., & Alhasan, A. (2018). Characterization of environmental loads related concrete pavement deflection behavior using Light Detection and Ranging technology. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 470-480. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.12.003>

Contacto

Leydy Diana Karolin Castro Chuyo
cchuyoldk@crece.uss.edu.pe