

ANÁLISIS DE LA MEDICIÓN DEL IRI UTILIZANDO LA APLICACIÓN PARA SMARTPHONE ROADROID.

Henry Alexander Celeita Mesa Cod. 2282045

henrryceleita@usantotomas.edu.co

La presente investigación tiene como objetivo la comparación entre una medición convencional y la aplicación Roadroid, esta aplicación presenta una gran oportunidad para tener mediciones a un menor costo. También se presenta una fácil adquisición para cualquier usuario y sin requerir demasiada intervención en los vehículos y con un alto manejo para mediciones de varios kilómetros.

Para esto, se estableció una metodología basada en 9 pruebas en vías urbanas y una concesionada para calibrar la aplicación respecto al Perfilómetro en la cual se tuvo que cambiar el soporte y revisar la velocidad promedio del vehículo. Entre los resultados obtenidos en primera instancia con un soporte universal para teléfono coche, brazo largo los valores eran negativos y existía poca correlación entre la medida convencional «perfilómetro laser», además la correlación obtenida es de 60% y 16% lo que indica una correlación moderada y baja. Finalmente se realizó una prueba en 3 tramos de la vía Bogotá – La Vega - Villeta, en la cual la correlación más alta está en un 90% y 73% % que se puede indicar que se encuentra en una correlación muy alta y alta

No obstante, los valores obtenidos nunca serán similares debido a la forma de medición de cada equipo y sus características.

Palabras Claves: Índice internacional de rugosidad, Roadroid.

ABSTRACT

The objective of this research is the comparison between a conventional measurement and the Roadroid application, this application presents a great opportunity to have measurements at a lower cost. It also presents an easy acquisition for any user and without requiring too much intervention in the vehicles and with high handling for measurements of several kilometers.

For this, a methodology based on 9 tests on urban roads and one concession was established to calibrate the application with respect to the Profilometer in which the support had to be changed and the average speed of the vehicle had to be checked. Among the results obtained in the first instance with a universal car phone holder, long arm, the values were negative and there was little correlation between the conventional measurement «laser profiler», in addition, the correlation obtained is 60% and 16%, which indicates a correlation moderate and low. Finally, a test was carried out in 3 sections of the Bogotá - La Vega - Villeta road, in which the highest correlation is 90% and 73%, which can indicate that it is in a very high and high correlation.

However, the values obtained will never be similar due to the way each piece of equipment is measured and its characteristics.

Keywords: International roughness index, Roadroid.

INTRODUCCIÓN

En primer lugar, el gran auge se debió a la invención de la rueda y consigo los diferentes vehículos por tracción animal y mecánico, la ciudad mesopotámica de Ur, ya se utilizaba el pavimento en las calles de forma «rustica allanando el terreno y rellenando hondonadas», entre tanto, pero los persas alrededor del 3.500 a. Después de esto se realizó entre los siglos XV y XVI, se dio inicio en el pavimento las carreteras este auge se dio en Francia con un nuevo fin era mantenimiento y la construcción de dichas carreteras, pero esto fue cedido a empresas privadas, fue así que surgió las carreteras con peajes el primero fue en Inglaterra y hasta la fecha es el modo de

recaudo de muchas carreteras. Entonces el mayor avance fue la primera carretera inteligente que fue inaugurada en el año 2013 en Holanda esta es autosuficiente en su iluminación y recarga de coches eléctricos, al contrario de Colombia, ya que la mayoría de las carreteras en nuestro país se construyeron de los trayectos que tenían los caminos reales coloniales o caminos de herradura, en gran parte esto obedece la topografía del país.

No obstante, no fue sino hasta el año 1846 se empezó en Bogotá, el transporte urbano de diferente índole, en vehículos tirados por bueyes y caballos y fue objeto de protestas debido al deterioro de la infraestructura de

cañerías y edificaciones por el paso de estos vehículos de carga. Posteriormente entre los años 1890 y 1900 se realizó el primer pavimento en nuestro país se construyó en el centro de Bogotá, pero no fue sino hasta el año 1905 que el expresidente Rafael Reyes Prieto crea el MOP «Ministerio de Obra Pública» la primera carretera intermunicipal fue la carretera central del norte que comunicaba a Bogotá con Santa Rosa de Viterbo.

Entre tanto el IRI fue unificado en 1986 por el banco mundial (Caicedo et al., 2003a), esto surge con el único fin de unificar estándares y como medida de confort de la vía y asegurar una calidad, seguridad a la hora de transitar. Ahora lo largo del tiempo y con las nuevas tecnologías, ha surgido cambio en los equipos de medición.

Finalmente surge la aplicación Roadroid, la cual de la misma forma que sus antecesores surgen con la necesidad de monitorear las condiciones del pavimento, al contrario, no requiere mayor inversión, ni adecuación más que un soporte y un teléfono inteligente en un vehículo que no exclusivo para esta actividad de medición, lo que lo hace muy práctico.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

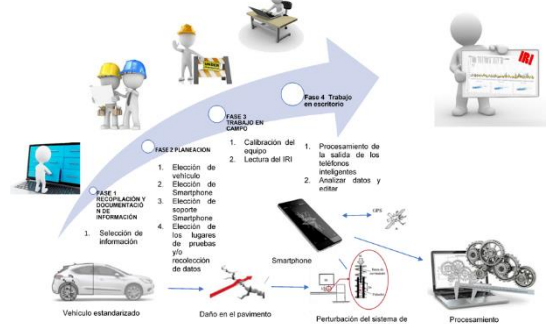
- Evaluar la medición del IRI por medio de la aplicación para Smartphone Roadroid

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la relación entre Roadroid IRI y el perfilómetro láser IRI
- Recopilar datos de la superficie del pavimento con la aplicación Roadroid en diferentes condiciones de tiempo y tráfico.
- Identificar la variabilidad de lectura con la aplicación Roadroid a diferentes velocidades.

METODOLOGÍA

El principal alcance de esta investigación es verificar que tan acertado puede ser la lectura del IRI por medio de la aplicación Roadroid y un Smartphone al compararlo con una lectura convencional con perfilómetro láser, se



realizó lecturas tanto urbanas como rurales para medir la

eficiencia de la aplicación con velocidades entre 20 km/h y 70 Km/h, además de realizar la relación con el PCI.

FASE 1

RECOPILACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información correspondiente a los avances y o marco teórico de lectura del IRI se basó en documentos encontrados en la base a los estudios de cálculo del IRI y sus métodos tradicionales.

Finalmente se realizó la conexión con los creadores y administradores de la aplicación Roadroid y de la empresa que va a realizar la recolección de datos con perfilómetro láser, por consiguiente, se realizó la formalización y siguiendo los pasos para obtener una licencia gratuita estudiantil.

FASE 2

La aplicación tiene unas variables que se deben definir en este paso, además de la elección de los sitios de estudio, como la elección del vehículo, tipo de soporte, tipo de celular entre otros.

ELECCIÓN DE VEHÍCULO

Posibles vehículos

- Automóvil pequeño
- Automóvil mediano
- Automóvil grande
- Vehículo 4WD tipo Hilux

Se usó dos tipos de vehículos el Vehículo 4WD tipo Hilux para la comparación de la aplicación Roadroid y el perfilómetro láser

Vehículo usado para la medición de IRI y comparación con Roadroid Ford 150



Fuente: Propia

Vehículo usado para la medición del IRI exclusivamente aplicación Roadroid Ford Ecosport



Fuente: Propia

ELECCIÓN DE SMARTPHONE

La aplicación utiliza GPS y sensores de acelerómetro en teléfonos inteligentes para registrar la ubicación y la aceleración.

Para la realización de esta investigación se usó un smartphone marca Samsung y modelo SM-A715F – Galaxy A71.

Además, es importante ya que la aplicación utiliza GPS y sensores de acelerómetro en teléfonos inteligentes para registrar la ubicación y la aceleración

ELECCIÓN DE SOPORTE SMARTPHONE

Existe en la actualidad una variedad de soportes para teléfono los principales los mencionamos a continuación:

- a) Soporte de parabrisas



Fuente: (Copyright © 1999-2022 MercadoLibre Colombia LTDA, 2022)

- b) Soporte en T



Fuente:(Copyright © 1999-2022 MercadoLibre Colombia LTDA, 2022)

- c) Soporte en espejo retrovisor



Fuente: (Copyright © 1999-2022 MercadoLibre Colombia LTDA, 2022)

- d) Soporte Universal Para Teléfono Coche, brazo Largo.



Fuente: (Copyright © 1999-2022 MercadoLibre Colombia LTDA, 2022)

Del mismo modo en esta investigación se realizó recolección de datos con los soportes a, c, y d. También es importante resaltar como se muestra más adelante es fundamental para la obtención de buenos resultados la elección del soporte.

ELECCIÓN DE LUGARES DE PRUEBA Y/O RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la elección de los lugares se usó vías tanto rurales concesionadas como la vía Bogotá – Villavicencio en un aproximado de 8 Km, además de la vía Bogotá – La Vega – Villeta, también vías urbanas de la ciudad de Bogotá Colombia tales como la carrera 80 y vías aledañas, además la calle 50 y la salida Bogotá – Villavicencio a la altura del cruce de Yomasa al cruce de Juan rey.

En primer lugar, se eligió el sector que corresponde a la recolección de datos de la salida Bogotá hacia Villavicencio a la altura del cruce de Yomasa desde la calle 84 sur con carrera 14 hasta el cruce de Juan rey K 0+200 vía Bogotá – Villavicencio.

En cuarto lugar, tenemos el sector de la calle 80 y aproximadamente entre la Av. Boyacá y la carrera 50.

En quinto lugar, tenemos la medición realizada en la carrera 60 entre transversal 59a y la glorieta de la 63

FASE 3

CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPO Y/O APLICACIÓN ROADROID

Como primera medida se realiza el montaje del Smartphone y la aplicación en X, Y, Z. también se debe calibrar el tipo de vehículo cada cuanto se van a tomar mediciones 5, 10, 20 etc., no obstante, es importante mencionar que se realizó un test de prueba solo con la aplicación y el smartphone en vías urbanas de la ciudad de Bogotá en Colombia desde la calle 84 sur con carrera 14 hasta la calle 115 sur con transversal 6h este en ambos sentidos y un solo carril izquierdo y adicionalmente se realizó una medición comparativa con el perfilómetro laser en la avenida 80 con carrera 68 hasta la avenida 80 con carrera 50 carril derecho en ambos sentidos.

Grafica Reporte de la aplicación Roadroid y calibración óptima en X, Y, Z

Grafica calibración en X



Fuente: captura de pantalla de la aplicación Roadroid

Grafica Calibración en Y



Fuente: propia, montaje sobre parabrisas

Grafica calibración en Z



Fuente: propia, montaje sobre parabrisas

Asimismo, se debe configurar en la aplicación el tipo de vehículo como la distancia de toma de puntos y si se toma video o fotos, sensibilidad de la aplicación para recolectar datos etc.

Se debe ingresar el correo registrado y el IMEI del celular en el cual se va a recolectar los datos, se debe tener mucha precaución ya que si no se ingresa adecuadamente los valores la aplicación no guarda las mediciones realizadas.

Grafica configuración de medios de datos y sincronización

Se debe configuración de subida de la información a la nube, adicionalmente la configuración de toma de video y/o fotografía en el cual se configura la resolución y cada cuanto se realiza.

Esta configuración es importante se ingresa el tipo de vehículo, adicionalmente se cambió la sensibilidad de

elIRI que viene por defecto, debido a que los resultados de la segunda medición no fueron los óptimos.

Esta configuración se dejó por defecto, según la recomendación de los creadores de la aplicación.

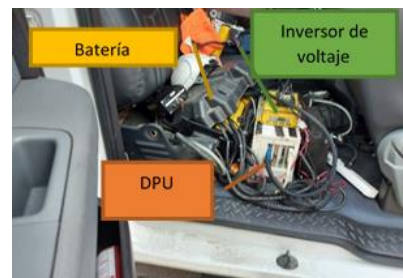
Adicionalmente para la recolección de datos con el perfilómetro laser se debió realizar la adecuación de los diferentes accesorios como se muestra a continuación

MONTAJE DE LOS EQUIPOS PERFILÓMETRO LASER Y APLICACIÓN ROADROID

Para este paso se debió realizar la ubicación de los equipos Odómetro, portátil y GPS para el montaje del Perfilómetro laser y encender la batería adicional el inversor de voltaje junto con el DPU “unidad de procesamiento y recepción de la información de los equipos periféricos tales como odómetro, los 3 laser, y 2 acelerómetros, GPS y cámara, para luego ser enviados al PC que tiene un software de operación del equipo.



Grafica Adaptación internas de vehículo para la recolección de datos del perfilómetro laser



En cambio, para el montaje de Roadroid solo tenemos adecuamos el soporte del Smartphone y ubicamos el equipo, abrimos la aplicación y el GPS, para posteriormente calibrar el equipo en X, Y, Z esto se debe realizar en todas las oportunidades de la toma de lecturas con la aplicación

Grafica componentes para realizar lecturas con la aplicación Roadroid



LECTURAS DE IRI CON LA APLICACIÓN ROADROID Y PERFILÓMETRO LASER

Después se procede a realizar las lecturas con la aplicación Roadroid en algunos sitios como son las pruebas 2, 4, además con el perfilómetro laser y la aplicación Roadroid cabe destacar que esta lectura se realizó para correlacionar los datos de cada equipo.

Por otro lado, la prueba N.º 1 se realizó, pero la aplicación no recolectó los datos debido a que no se encontraba activo la versión educativa, en consecuencia, no se tiene datos.

En primer lugar, tenemos la prueba N.º 2 la cual se ubica entre el cruce de Yomasa al cruce de Juan Rey en ambos sentidos y solo el carril izquierdo en la ciudad de Bogotá, cabe destacar que esta lectura se realizó con el fin de poner a prueba la aplicación y la recolección de datos continuo, también el montaje del equipo para Roadroid, teniendo en cuenta que se usó Soporte Universal Para Teléfono Coche, brazo Largo y vehículo mediano Ford Ecosport.

CONCLUSIONES

En este estudio se realizó un análisis de confiabilidad de los datos obtenidos por la aplicación Roadroid y en la cual se puede evidenciar como una solución de bajo

costos para la medición del IRI en las carreteras colombianas.

No obstante, la comparación de las dos mediciones presenta un inconveniente puesto que el perfilómetro laser mide todo el ancho de la carretera y Roadroid solo las huellas de neumáticos/ruedas. En consecuencia, puede tener un gran impacto en los datos registrados de la aplicación Roadroid por causas naturales.

1. En otras palabras y teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la precisión de la aplicación Roadroid nunca puede igualar un perfilómetro laser.
2. Se determinó que la recopilación de datos es mucho más fácil con la aplicación Roadroid que con el perfilómetro laser debido al bajo número de equipos requeridos
3. La aplicación tiene una serie de variables como es el soporte y la calibración del equipo además de elementos propios del vehículo, no obstante, se puede evidenciar que cuando se subsana estos inconvenientes se presentan datos con un coeficiente de correlaciones entre muy alta y alta respecto a las lecturas obtenidas por el perfilómetro laser.

Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación tiene un gran campo para considerarlo un equipo de medición del IRI en nuestro país, con el objeto de tener un mapa de los diferentes estados de las carreteras primarias, secundarias y terciarias con el objeto de ser más eficientes en la utilización de los recursos públicos y privados en el mejoramiento y mantenimientos de las mismas.

Dentro de los valores obtenidos se observa que en la escala de Roadroid las vías en nuestro país existen varios con un IRI pobre y/o satisfactorio y no satisfactorio

Finalmente, como se resaltó en el estudio el mas estado del IRI este sujeto a mejorar diferentes problemas tanto ambientales, sociales y de accidentalidad.

IMPACTO SOCIAL

Desde el punto de vista técnico la medición con Smartphone es accesible para los usuarios y diversos actores involucrados en el mantenimiento y la conservación de pavimentos para carreteras, en pocas palabras generaría un énfasis de competencia y satisfacción, ya que en nuestro día el usuario paga peajes, pero siente una inconformidad al no poder medir la calidad por lo que está pagando.

Además, la aplicación permitirá establecer con mayor frecuencia, a pesar de tener una menor precisión, el estado de la vía y la evolución de su deterioro en términos de regularidad superficial, haciendo posible programar oportunamente, intervenciones tendientes a conservar un adecuado estado superficial del pavimento para la operación vehicular en condiciones óptimas de comodidad y seguridad

IMPACTO AMBIENTALES

Los impactos ambientales son bastante ya que como se puede observar se reduce el número de equipos requeridos para la medición, además con un buen manejo se podría derogar a los usuarios para obtener mediciones y eficiencia en a la hora de programar un debido mantenimiento ya que una de las obligaciones de las diversas empresas que asumen la concesión por un determinado periodo es mejorar los niveles de servicio de la vía a.

DDC RSPwin License disminuyan y el IMDA aumente.

COMPARACIÓN ENTRE COMPRA DEL PERFILÓMETRO LASER Y SUSCRIPCIÓN A LA APLICACIÓN ROADROID

N°	OPCIONES	UN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Compra de equipo incluye portátil, Vehículo, aplicación para la recolección de datos, GPS, instalación de equipos y capacitación	Un	1	\$ 595.371.544	\$ 595.371.544
2	Suscripción a la aplicación Roadroid por 3 meses, además, para tres celulares, Incluye celular y soporte	Un	1	\$ 3.308.675	\$ 3.308.675

Fuente: Propia

Los precios anteriormente mencionados se encuentran relacionados en el anexo 7 Presupuestos, es importante destacar que el valor es inferior.

Tabla Comparación de precios al alquilar un equipo perfilómetro laser y la suscripción a la aplicación Roadroid

COMPARACIÓN ENTRE COMPRA DEL PERFILÓMETRO LASER Y SUSCRIPCIÓN A LA APLICACIÓN ROADROID

N°	OPCIONES	UN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Medición de IRI con alquilar un equipo perfilómetro laser	Km	1	\$ 76.008	\$ 76.008
2	Suscripción a la aplicación Roadroid por 1 día, además, para tres celulares, Incluye celular y soporte	Un	1	\$ 36.763	\$ 36.763

Fuente: Propia

RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Como se ha mostrado se recomienda el uso de base fija al parabrises para que no se presenten datos tan alejados del estado real de la vía, adicionalmente se recomienda comparar con otros métodos de lecturas de IRI para comparar la eficiencia de la aplicación.

Además, se recomienda comprobar la medición de IRI en vías escarpadas o en Tierra para determinar la confiabilidad de la aplicación en cualquier tipo de carretera

Adicionalmente es oportuno que se siga investigando una fórmula de corrección de los datos obtenidos por la aplicación Roadroid y los diferentes métodos, en consecuencia, para realizar dicho proceso se debe contar con una pista en donde se conozca el valor de IRI por dos métodos diferentes y adicionalmente no cuente con tráfico y permita una velocidad continua.

Por otro lado, la guía de la aplicación indica que tiene una opción de inventarios de los elementos de la vía sería bastante interesante explorar la capacidad de datos que se pueden recolectar con la aplicación

BIBLIOGRAFÍA

Alberto, J., Lizarazo, G., Augusto, C., Urán, S., Darío, M., & Serna, A. (n.d.). MODELO DE EVALUACIÓN DINÁMICA DE LA CALIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE CORREDORES LOGÍSTICOS EN COLOMBIA DYNAMIC MODEL FOR QUALITY ASSESSMENT OF LOGISTICS CORRIDOR ROAD INFRASTRUCTURE IN COLOMBIA. <https://doi.org/10.14508/reia.2016.13.25.135-145>

Anahí, Y., Nieto, J., Parada, A. R., Raymundo, J., & Cano, G. (2016). Modelo de simulación dinámico: la Infraestructura y el desarrollo regional Dynamic simulation model: Infrastructure and regional development Modelo de simulação dinâmica: Infra-estrutura e desenvolvimento regional. In Demurger. Porter.

Anderson Jhussety Lloclla Huaychao Bach Kevin Kenyo Sánchez Hurtado, B. (n.d.). UNIVERSIDAD ANDINA DEL

CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL TESIS. Anthony Alberto Goicochea Salvador. (2019). APLICACIÓN DEL SISTEMA ROADROID UTILIZANDO SMARTPHONE EN EL DIAGNÓSTICO DE LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO DE LA AV. E. MEIGGS.

Arriaga, M. C., Paul, P., Anguas, G., & Rico Rodríguez, A. (1998). Publicación Técnica No.108 Sanfandila, Qro.

Badilla Vargas, G. (2011). ASPECTOS Y CONSIDERACIONES IMPORTANTES EN EL CÁLCULO DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI). Revista Ingeniería, 20(1–2). <https://doi.org/10.15517/ring.v20i1-2.7271>

Basir Habibi, & Lars Forslof Arbetet. (2016a). PAGINA WEB DE FACEBOOK PARA UNIRSE AL GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN ROADROID .

Basir Habibi, & Lars Forslof Arbetet. (2016b). PAGINA WEB DE FACEBOOK PARA UNIRSE AL GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN ROADROID .

Caicedo, B., Murillo, C. A., & Tristanchó, J. A. (2003a). Medida perfil longitudinal de un pavimento mediante navegación inercial. Revista de Ingeniería, 17, 19–26. <https://doi.org/10.16924/revinge.17.3>

Caicedo, B., Murillo, C. A., & Tristanchó, J. A. (2003b). Medida perfil longitudinal de un pavimento mediante navegación inercial. Revista de Ingeniería, 17, 19–26. <https://doi.org/10.16924/revinge.17.3>

Carlos Ignacio Almendra Cueto. (2015). LA APLICACIÓN DE TELÉFONOS INTELIGENTES PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DE PAVIMENTOS URBANOS EN LIMA.

Cavalcante De Almeida, L., Lacerda De Oliveira, F. H., Ramos, S. P., & Soares, J. B. (n.d.). Estudo da condição de superfície em rodovias por meio do uso de aplicativo para smartphone. <https://doi.org/10.14295/transportes.v25i2.1406>

Chan, C. Y., Huang, B., Yan, X., & Richards, S. (2010a). Investigating effects of asphalt pavement conditions on traffic accidents in Tennessee based on the pavement management system (PMS). Journal of Advanced Transportation, 44(3), 150–161. <https://doi.org/10.1002/atr.129>

Chan, C. Y., Huang, B., Yan, X., & Richards, S. (2010b). Investigating effects of asphalt pavement conditions on traffic accidents in Tennessee based on the pavement management system (PMS). Journal of Advanced Transportation, 44(3), 150–161. <https://doi.org/10.1002/atr.129>

Copyright © 1999-2022 MercadoLibre Colombia LTDA. (2022). Mercado Libre.

Copyright (c) Roadroid. (2013a). PAGINA WEB APLICACIÓN ROADROID.

Copyright (c) Roadroid. (2013b). PAGINA WEB APLICACIÓN ROADROID.

del Sistema Roadroid Utilizando Smartphone, A., & Emanuel Latorre Gamboa, F. (n.d.). FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL AUTOR.

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) Y LA GENERACIÓN DE RUIDO VEHICULAR. (n.d.-a).

DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) Y LA GENERACIÓN DE RUIDO VEHICULAR. (n.d.-b).

Dr. Theuns.F.P Henning. (2014). Roadroid Referencia de proyectos. Junio.

Emilio Ontiveros, de, Vizcáin Verónica López Sabater, D., & Beatriz Sznajder, P. (n.d.). Las ciudades del futuro: inteligentes, digitales y sostenibles.

Evaluación, ", Análisis, Y., La, D. E., En, R., De, P., Ciudad, L. A., Puno, D. E., El, A., Roadroid, M., El, Y., de Merlín, R., Camacho Pampamallco, B., Yoshira, S., Optar, P., Título, E. L., & De, P. (2018). UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR

CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL TESIS PRESENTADA POR.

Forslof, L. (2012). Roadroid - Smartphone Road Quality Monitoring.

Forslof, L. (2014). AUTOMATED COLLECTION OF ROAD CONDITION DATA WITH SMARTPHONES. <https://www.linkedin.com/pulse/20141130211746-97325448-roughness-and-texture>

Galagoda, D. Y., & Amarasingha, N. (2019). Smartphone Applications for Pavement Roughness Computation of Sri Lankan Roadways. In Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies (Vol. 13).

Geanpierre, B. K., Castillo, M., Gabriel, I., & Cerna, C. (2020). FACULTAD DE INGENIERÍA Carrera de Ingeniería Civil.

Gg, A. E. J. M. (n.d.). Historia de la forma urbana Desde sus orígenes hasta la revolución industrial. www.ggili.com

www.ggili.com.mx

GHINA ROHMITA. (2021). TUGAS AKHIR PENILAIAN KONDISI JALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE PCI DAN APLIKASI ROADROID PADA RUAS JALAN PALAGAN KM. 12 – KM. 15 DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA.

González, O., & Daniel González, O. (2015). 16-4618: Quantification of the Impact of Roadway Condition on Gas Emissions.

Google. (s.f.). (2022). Google Earth.

Ing. Marcelo Dalimier, & Dr. Ing. Roberto Torrent. (1999). AVANCES EN LA RUGOSIDAD (IRI) DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN CONSTRUIDOS CON PAVIMENTADORAS DE MOLDE DESLIZANTE.

Jesús García García. (n.d.). Partes de un teléfono móvil.

Johnston, M. (n.d.). USING CELL-PHONES TO MONITOR ROAD ROUGHNESS.

Jorge Montoya-Goicochea. (2013). ANÁLISIS DEL IRI PARA UN PROYECTO DE CARRETERA SINUOSA CONCESIONADA EN EL PERÚ.

JOSÉ AUGUSTO CORAL GONZÁLEZ, & FERNANDO JESÚS LEON ACOSTA. (2020). FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.

Julio César López Huaynate. (2019). Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú.

Lars Forslöf, & Hans Jones. (2015a). Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smart Phones. Journal of Civil Engineering and Architecture, 9(4). <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2015.04.012>

Lars Forslöf, & Hans Jones. (2015b). Roadroid: Continuous Road Condition Monitoring with Smart Phones. Journal of Civil Engineering and Architecture, 9(4). <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2015.04.012>

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(2), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.06.007>

Marcoantonio Alamo-Viera. (2016a). MODELACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN SEMIATIVA CON AMORTIGUADOR MAGNETORREOLÓGICO Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional Repositorio institucional PIRHUA-Universidad de Piura.

Marcoantonio Alamo-Viera. (2016b). MODELACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN SEMIATIVA CON AMORTIGUADOR MAGNETORREOLÓGICO Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional Repositorio institucional PIRHUA-Universidad de Piura.

Metin Mutlu Aydin, Mehmet Sinan, I. L. Dirim, & Lars Forslof. (2017). El uso de teléfonos inteligentes para estimar la rugosidad de la carretera: un estudio de caso en pavo. www.onlinedoctranslator.com

Observatorio Nacional de Seguridad Vial. (n.d.).

Omar Hernán Alberto Delgado, & José Mauricio Lemus Porras. (n.d.-a). CARACTERIZACIÓN DE LA TEXTURA DE SECTORES REPRESENTATIVOS DE CORREDORES VIALES EN PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE.

Omar Hernán Alberto Delgado, & José Mauricio Lemus Porras. (n.d.-b). CARACTERIZACIÓN DE LA TEXTURA DE SECTORES REPRESENTATIVOS DE CORREDORES VIALES EN PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE.

Osorio Baquero, I. (2014). Breve reseña histórica de las vías en Colombia. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 183–187. <https://doi.org/10.16925/in.v10i17.880>

Pía, M., & Raygada, M. (n.d.). Procedimiento para determinar el Índice de Rugosidad Internacional con una aplicación móvil en Piura.

Pradena Miquel, C. (2006). *Revista de la Construcción*. 5(2), 16–22. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127619380002>

Revista EIA. (n.d.). <https://doi.org/10.14508/reia.2016.13.25.135-145>

Sánchez, I. (n.d.-a). El IRI: un indicador de la regularidad superficial.

Sánchez, I. (n.d.-b). El IRI: un indicador de la regularidad superficial.

Sayers, M. W., & Karamihas, S. M. (1996). INTERPRETATION OF ROAD ROUGHNESS PROFILE DATA FINAL REPORT Prepared for Federal Highway Administration Contract DTFH 61-92-C00143.

Schlotjes1, S., Vista, U., & Bennett1, C. (2014). EVALUACIÓN DE UN MEDIDOR DE RUGOSIDAD PARA SMARTPHONE. In Traducido del inglés al español. www.onlinedoctranslator.com

Volver-al-centro-La-recuperación-de-áreas-urbanas-centrales. (n.d.).

Zang, K., Shen, J., Huang, H., Wan, M., & Shi, J. (2018). Assessing and mapping of road surface roughness based on GPS and accelerometer sensors on bicycle-mounted smartphones. *Sensors* (Switzerland), 18(3). <https://doi.org/10.3390/s18030914>