



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA  
18 al 21 de septiembre de 2018**



# **GEOMÁTICA APLICADA EN LA AUSCULTACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE: CASO DE APLICACIÓN**

**Henry Yecid Bustos Castañeda, Richard De Jesús Gil Herrera**

**Universidad Americana de Europa**

## **Resumen**

El mantenimiento preventivo y correctivo de los pavimentos flexibles, es un requerimiento estructural para soportar la infraestructura vial y por tanto, garantizar movilidad de forma segura. En ese sentido, las nuevas tecnologías aplicadas en la geomática permiten que las intervenciones puntuales en la infraestructura no interfieran con la movilidad o que la impacten en un nivel mínimo. El modelamiento espacial de la superficie del globo terráqueo se ha convertido en un insumo obligatorio para las necesidades de la población mundial. Así que, los productos basados en la geomática son un Servicio; Servicio que, en algún momento del proceso cartográfico, se convierte en un Bien para la sociedad. Se busca con este artículo definir y precisar el procedimiento en la aplicación de la geomática, en la auscultación del pavimento flexible para un caso concreto. En ese sentido, se ha seleccionado aplicarla al tramo comprendido entre el peaje El Nuevo Salto (Soacha), hasta El Colegio en la región del Tequendama de Cundinamarca (33 kilómetros), con el fin de determinar analíticamente el estado y deterioro del mismo, interpretando la información que resulta del empleo de los datos que arrojan los georadares detallando los elementos y variables que conforman una base de datos que georeferencien las herramientas para desarrollar una descripción del estado actual de ese pavimentado. En general se obtiene resultados de aplicación al caso, que permiten mostrar un aporte experimental y directo de la aplicación real de la geomática en los diseños, las consultorías de obras nuevas, las acciones de recuperación vial y hasta el mantenimiento (programado y circunstancial) que redundan en mejoras sobre los sistemas de movilidad y seguridad vial.

**Palabras clave:** movilidad; geomática; pavimento flexible

## Abstract

*The preventive and corrective flexible-pavements maintenance is a structural requirement to support the road infrastructure and therefore ensure mobility in a safety way. In this sense, the new technologies applied in geomatics allow specific interventions in the infrastructure do not interfere with mobility or impact it at a minimum level. The spatial globe-earth surface modeling has become an obligatory input for the requirement of the world population. Indeed, geomatics-based products are a Service; Service that, at some point in the cartographic process, becomes in social goods. This manuscript seeks to define and specify the procedure in the application of geomatics tools, in the auscultation of flexible-pavement for a specific case. In this sense, it has been selected to apply it to the road-section between the El Nuevo Salto toll road (Soacha), and El Colegio in the Tequendama region of Cundinamarca (about 33 KMS), In order to determine analytically the state and deterioration thereof, interpreting the information that results from the use of the data thrown by the geographers, detailing the elements and variables that make up a database that georeferences the tools to develop a description of the current state of that paved. In general, results of application to the case are obtained, which allow to show an experimental and direct contribution of the real application of the geomatics in the designs, the consultancies of new public-works, the actions of road recovery and even the maintenance (programmed / circumstantial) that implicate improvements in mobility systems and road safety.*

**Keywords:** *mobility; geomatics; flexible-pavement*

## 1. Introducción

La ciencia y la tecnología de la información espacial constituyen uno de los campos con mayor avance y desarrollo recientes. La tierra representada en forma digital y tridimensional con las diferentes resoluciones que permitan encontrar, visualizar y emplear grandes cantidades de información georreferenciada, es uno de los objetivos claros respecto el empleo de la geomática. El sistema de soporte a las decisiones y al conocimiento, debe permitirles a los usuarios navegar en el espacio y en el tiempo, acceder a datos históricos y también desarrollar modelos de predicción con respecto a los pavimentos.

Geomática es un término con el que se interrelacionan diferentes disciplinas científicas. El término apareció por primera vez en 1969, definido por Bernard Dubuisson en un documento llamado "cronología de la geomática en francés", con el cual precisa que la geomática integra todas las ciencias básicas y las nuevas tecnologías empleadas para el conocimiento de las tierras y las ciencias aplicadas a ellas [1].

La aplicación de la geomática es prácticamente ilimitada, basta con ingresar a las plataformas que integran las bases de datos con los sistemas geográficos como los navegadores en la web, para encontrar respuestas georreferenciadas según propósitos (ej. Google Maps). Las respuestas así, se refieren a lugares para hacer compras, visitar lugares culturales o los horarios de las sucursales bancarias junto a su ubicación exacta. Los tiempos de traslado son otro beneficio significativo que se puede precisar con las plataformas que integran los *Sistemas de Información*

*Geográficos* (SIG). Del mismo modo, las aplicaciones de la geomática se desarrollan en temáticas importantes tales como en procesos de restitución de tierras, agricultura de precisión, cambios climáticos, ordenamiento territorial, gestión de riesgo, amenazas naturales, estudios mineros, tránsito, transportes y movilidad entre otros.

La seguridad vial se encuentra completamente ligada con la movilidad en el momento de tomar una decisión. Las nuevas tecnologías permiten que las intervenciones puntuales de los pavimentos flexibles no interfieran con la movilidad o que las actividades operativas de intervención y/o mantenimiento impacten al mínimo.

## 2. Marco conceptual

### GEOMÁTICA

En el año de 1988 la Asociación canadiense de Inspección aérea aumentó los alcances y redefinió el término incluyendo otras disciplinas como los sistemas de información geográficos, la cartografía y la geodesia satelital. Lo anterior suscitó cambios en el nombre de la organización y desde entonces se designan como La Asociación de Industria Geomática de Canadá (Geomatics Industry Association of Canada –GIAC) la cual determino labores en la interpretación de la tierra y del conocimiento físico caracterizado por el manejo de la información y los procesos de integración y sistematización de las tecnologías.

La nueva ciencia geomática es una palabra derivada del francés géomatique, que se define como *“la ciencia que estudia la estructura y las propiedades de la información espacial, los métodos de captura, calificación, cualificación, definición espacial, representación, uso y la infraestructura para lograr una aplicación óptima”* [2].

### SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

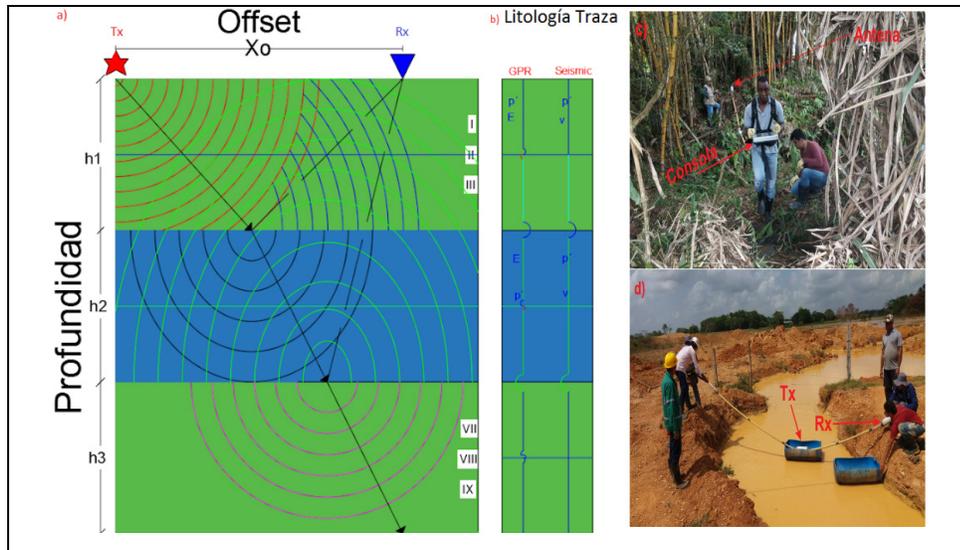
Colombia no se ha quedado atrás en las iniciativas que implementan los SIG, formalizando un documento del Consejo Nacional De Política Económica y Social (COMPES) No.3585, el cual es una iniciativa conjunta entre varias entidades del Estado dentro de la que se presenta una política marco de estándares y lineamientos de coordinación, enfocada a los procesos de producción, adquisición, documentación, acceso y uso de la información geográfica desarrollados por las entidades del estado [6] [4].

### GEORRADAR O GROUND-PENETRATING RADAS (GPR)

Ground-penetrating radar (GPR) o Georradar es una técnica de prospección geofísica que permite obtener unas imágenes (Radagrama) del subsuelo midiendo las diferencias en las propiedades electromagnéticas de los diferentes cuerpos de roca u objetos enterrados que provocan reflexiones de las ondas electromagnéticas generadas en la fuente del equipo (figura 1). La figura 1a muestra un esquema muy simplista del funcionamiento del GPR en un medio hipotético conformado por intercalaciones de arenisca y arcilla. Una onda electromagnética emitida por la fuente Tx es reflejada en cada interface, debido a la diferencia en las propiedades electromagnéticas de cada uno de los cuerpos de roca que componen el subsuelo. Cada onda o grupo de ondas reflejadas son registradas por el receptor Rx y representadas por una traza como

muestra la figura 1b, en el que cada pico representa una interface o el límite entre materiales con diferentes propiedades.

**Figura 1.** Aplicaciones del Georradar (GRP)



Fuente: Muñoz G. Andrés M

Un GPR se compone de un sistema (antena) de emisión (transmisor Tx, figura 1d) y recepción (receptor Rx, 1d) de ondas electromagnéticas y una consola de control que permite operar el sistema de generación y registro de datos (figura 1c). Dicha antena se coloca directamente sobre la superficie del terreno (también es posible montar el dispositivo sobre un pequeño vehículo y controlar de esta forma la velocidad de la toma de datos) o sobre el agua siempre que el dispositivo no este expuesto directamente (figura 1d). Convencionalmente, la consola y la antena se mueven con la ayuda de un solo operario y un auxiliar encargado de asegurar el movimiento a velocidad constante del sistema GPR.

Es un sistema automático para la inspección no destructiva del pavimento o carreteras, solucionando el problema de la interpretación de datos y garantizando la eficiente inspección de los pavimentos [7].

Con un buen sistema de gestión de pavimentos se determina la situación real de los caminos y las carreteras. Por lo cual se requieren equipos de inspección que no afecten la estructura de la vía, esto para ayudar a determinar las correcciones en el pavimento, disminuyendo los riesgos de un mayor problema al momento de tomar la respectiva decisión para la corrección o mantenimiento que se va a realizar. En general el sistema se basa en la transmisión de ondas electromagnéticas de banda ultra ancha en los materiales de la estructura de pavimento. Una zona de la onda electromagnética es reflejada al alcanzar un límite entre dos materiales que poseen diferentes propiedades eléctricas.

### MOVILIDAD

La gran mayoría de las rutas y/o vías en una ciudad o zona urbana con sistemas masivos de transporte, poseen controladores del servicio en tiempo real, lo que significa que las eventualidades se detectan de inmediato con el fin de dar las diferentes soluciones en el menor tiempo posible. Si se entra a detallar un poco la tecnología que se emplea para este control, se debe mencionar obligatoriamente la constelación de satélites artificiales GPS de origen estadounidense, con el que hoy en día se logra ubicar de manera precisa cualquier punto en la superficie terrestre [8] [5].

Con las aplicaciones actuales de los sistemas en el manejo de las bases de datos y haciendo uso de plataformas gráficas de alta tecnología; es posible encontrar la ruta exacta del traslado de un Móvil por el cual se encuentra éste transitando a una hora determinada y con el número de pasajeros que transporta. De esta manera los riesgos de accidentalidad se minimizan, los tiempos de reacción se acortan y las acciones para actuar (según los protocolos) son estudiadas de tal forma que se procede idóneamente consiguiendo optimizar por completo el servicio [9].

En países como Estados Unidos de América, en la mayoría de Estados las aplicaciones se aumentan a tal punto de lograr identificar (en tiempo real) un acontecimiento justo en el momento en que transcurre. Aplicación que los Estados manejan constantemente en los diferentes medios de transporte sincronizados con las empresas de reacción como las ambulancias de los hospitales, bomberos y en especial con el departamento de policía entre otros.

Un Móvil dentro del sistema de transporte que opera en un horario normal, puede ser supervisado desde un cuartel de mando, centro de control o estación de operaciones. Con ayuda de una cartografía actualizada y apoyados en el software aplicativo, procesando la información para interpretar las estadísticas, se pueden obtener datos que se relacionan con los tiempos de recorrido entre terminales, número de pasajeros, velocidad promedio, tiempos de reacción ante imprevistos, tiempos de paradas, estado de las vías, rieles o cables, por nombrar algunos [9].

### SEGURIDAD VIAL

Tratándose de los pavimentos, estructuras viales y las carreteras en general, la seguridad toma gran importancia a la hora de transitar sobre ellas.

**a. Señalización:** Son dispositivos utilizados en el ámbito nacional para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo-rutas. El proyecto de señalización debe guardar armonía, estética y comodidad con el diseño geométrico de las vías para ofrecer un recorrido fácil y agradable, que no posea sorpresas ni desorientaciones.

**b.**

En desarrollo de las políticas de seguridad vial El Ministerio de Transporte de Colombia (2002), unifica el criterio de utilización de los diferentes dispositivos para la regulación del tránsito, mediante documentos como el Manual de señalización vial - Dispositivo para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de conformidad con la Ley 769, como guía y material de consulta para las entidades responsables de la infraestructura vial y las de tránsito nacionales, departamentales, distritales y municipales y para profesionales de la ingeniería vial [5].

**b. Rehabilitación de pavimentos:** Tratándose de los pavimentos, estructuras viales y las carreteras en general, la seguridad toma gran importancia a la hora de transitar sobre ellas. Cumpliéndose plenamente con La Ley 80 de 1993, en la que se establece que las Entidades Estatales deben hacer la revisión periódica de las obras contratadas para verificar las condiciones de la calidad ofrecidas por los contratistas, razón por la cual el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS realiza inspección a las obras que actualmente ejecuta.

En aras de la calidad y con base en los lineamientos antes mencionados la geomática hace presencia fuerte a lo largo del desarrollo de las diferentes etapas que conforman un proceso de rehabilitación de pavimentos.

### PAVIMENTO FLEXIBLE

Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada tanto la estructura como el efecto contra el degradante de los agentes climáticos. Este tipo de pavimento es constituido por una capa de rodadura bituminosa apoyada generalmente sobre capas de material no ligado [9].

Quizás convenga reordenar los conceptos alfabéticamente o RE-ESCRIBIR por relevancia dentro de la temática de la propuesta del artículo. Ejemplo Pavimento flexibles y su impacto en Movilidad y Seguridad Vial y Luego la Geomática y sus tecnologías asociadas para mejorar eficacias (efectividad y eficiencia) de mantenimientos. Finalmente adicionar un par de casos de ejemplos (tomado de las referencias).

### 3. Propuesta de Aplicación de la Geomática a la Movilidad y Seguridad vial

Ciertamente la movilidad y la seguridad vial se encuentran directamente relacionadas con la creación, el control, la programación y la ejecución de proyectos de rehabilitación de pavimentos, en donde se integran las diferentes ciencias aplicadas con las plataformas geográficas.

Con el soporte tecnológico de la geomática se desarrollan los siguientes procesos integradores:

1. Monitoreo de deficiencias de la malla vial, identificando la capacidad estructural del pavimento. Por medio del sistema GRP y empleando el deflectómetro de impacto que aplica un impulso de carga al pavimento para determinar la capacidad estructural del mismo, utilizando las deflexiones o deformaciones; se establecen las características de las capas del pavimento. El equipo es transportado en la parte baja del vehículo rodante al cual se encuentra integrado un sistema de receptores de GPS en tiempo real. Los datos son colectados en la UPL con la que se decodifican los datos convirtiéndolos en información geográfica.
2. Para el monitoreo de pavimentos con tramos extensos la tecnología LIDAR se integra a una nueva propuesta de vehículo aéreo no tripulado (Unmanned Aerial Vehicle- UAV o DRON) con

autonomía de vuelo superior a las dos horas. Contando con las cuatro dimensiones (x, y, z y tiempo) es posible obtener gráficas y estadísticas con una infraestructura de datos espaciales IDE correspondiente a los sitios y lugares para intervenir los pavimentos [3].

3. Empleando los dispositivos móviles como celulares, iphone, tablets entre otros, se controla de manera remota las operaciones de los dispositivos de captura de datos. Es el caso de los georradars con comunicación radial entre el escáner, las antenas de GPS y las cámaras fotográficas 360° incorporadas a los dos sistemas móviles (vehículo y triciclo). Los resultados son alentadores al obtener la posición geográfica exacta, profundidad y longitud de cualquier grieta, instalación de redes, objetos o materiales que se encuentren bajo el subsuelo. Información con la que se presentan por medio de un sistema SCADA para luego en las salidas gráficas y físicas los diferentes perfiles e informes específicos [10].
4. Con relación a la movilidad y específicamente con la seguridad vial, por medio de un SIG es posible llevar un inventario actualizado con los sectores que requieren de cambio, mantenimiento o corrección, respecto al estado del pavimento. Al inventariar los pavimentos que necesitan intervención; es posible integrar varias acciones que sean simultáneas o sucesivas para coordinar una programación de actividades productivas.
5. Con respecto a las intervenciones puntuales y teniendo el consentimiento de las autoridades respectivas (permisos y licencias) las bondades de la geomática permiten integrar las diferentes plataformas y aplicativos geográficos para crear, programar, diseñar y consultar las alternativas de movilidad. Los usuarios de los sistemas, como los generadores de los metadatos tienen la opción para tomar decisiones oportunas.

El listado anterior se queda escaso o incompleto, al momento de emplear las aplicaciones directas de la geomática en la movilidad. Asimismo, se establecen nuevas alternativas en la presentación gráfica de los espacios/lugares, con información de alta precisión, de un proyecto lineal en donde se vinculan los pavimentos.

#### 4. Aplicación de Geomática al Caso Concreto

Para el caso específico del tramo desde El Nuevo Salto (Soacha), hasta El Colegio en la región del Tequendama de Cundinamarca, que tiene 33 kilómetros, habrá que considerar factores como La profundidad de inspección y la resolución vertical (detalles a profundidad en el *Radagrama*) logrados con técnicas de GPR. En la práctica de la ingeniería, dependerá entonces básicamente de dos factores, el primero de índole geológico y el segundo operacional. El primero involucra la litología, estratigrafía y contenido de humedad del terreno a estudiar, y el segundo y no menos importante, tiene que ver con la frecuencia central (fc) de la señal u onda electromagnética emitida, es decir del tipo de antena como se demuestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Antenas de frecuencia; profundidad aproximada y resolución vertical

Frecuencias central (MHz)	Profundidad aproximada del objetivo de estudio (m)	Tamaño aproximado del objetivo (resolución vertical)
100	7-10	0.25 – 0.50
50	10-15	0.50 – 1.00
25	30-40	1.00 – 2.00

Fuente: Los autores

El listado de la tabla 2, reúne los datos correspondientes a las mediciones en sitios específicos en donde la vía comprendida al tramo en cuestión, se resumen y presentan así, los resultados de la auscultación del pavimento flexible para el caso.

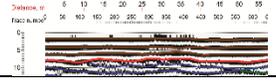
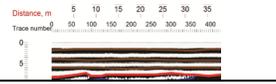
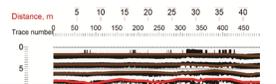
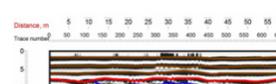
Asimismo, se muestran en la tabla 2, los radagramas de las tomas relacionadas con el mismo trayecto, que ilustran el comportamiento de la estructura del pavimento flexible.

Con base en las aplicaciones de los sistemas de información geográfica (SIG) en donde se administra una base bastante robusta de información geográfica, se logra obtener un paquete informativo de alta fidelidad. De esta manera los resultados son altamente confiables y aplicables en los controles, en el monitoreo y en la toma de decisiones con respecto a las eventuales ocurrencias que se presenten dentro un proyecto lineal de pavimentos.

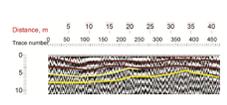
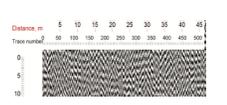
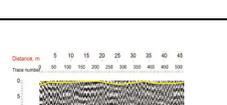
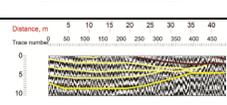
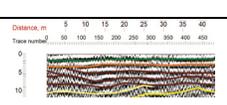
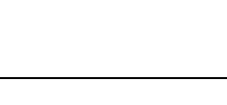
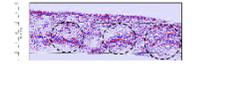
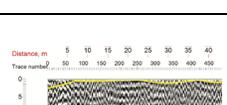
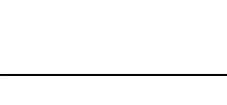
**5. Conclusiones**

- La geomática es una de las ciencias aplicadas capaz de articular la integración de las nuevas tecnologías con las aplicaciones directas de viabilidad, planeación, programación, diseño y construcción en la movilidad y la seguridad vial de los pavimentos.
- La movilidad y las rutas del transporte tendrán estudios de alternativas para evitar los bloqueos que se pueden presentar por fallas estructurales o humanas, con la aplicación integral de la geomática se establecen soluciones suficientes y efectivas para implementar de inmediato planes alternos de movilidad.
- Con la adecuada tecnología para la gestión en los pavimentos se puede llegar a reducir costos y mantenimientos innecesarios o erróneos que ocurren debido a una inspección errada. La certeza para realizar evaluaciones de pavimentos, su deterioro, espesor y mediciones de niveles de humedad, se convierte en insumo fundamental y útil antes de realizar trabajos de mantenimiento.

**Tabla 2.** Medición Radagrama con técnicas GPR para el trayecto del caso

<b>Resumen de la medición Radagrama con técnicas GPR al pavimento flexible</b>			
<b>Abscisa</b>	<b>Patología</b>	<b>Radagrama</b>	<b>Foto</b>
K0+000	Bache con Severidad media en el carril Derecho, con fisura longitudinal leve.		
K3+900	Ahuellamiento leve en el carril derecho, con separación de la berma.		
K5+200	Hundimiento de Severidad alta con caída transversal de calzada completa.		
K11+550	Descascaramiento de carril izquierdo con desgaste superficial de Severidad media.		

## GEOMÁTICA APLICADA EN LA AUSCULTACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE: CASO DE APLICACIÓN

K19+750	Hundimiento de Severidad alta con caída transversal de calzada completa. Ondulación alta y separación de la berma.		
K20+000	Hundimiento de Severidad alta con caída transversal de calzada completa. Ondulación alta y separación de la berma, con levantamiento de las piezas articuladas.		
K20+050	Hundimiento de Severidad alta con caída transversal de calzada completa. Desgaste superficial y Parche con daño medio.		
K23+500	Fisura en medialuna en carril derecho con desprendimiento alto y desgaste superficial. Parche con daño alto y ondulación severa.		
K23+950	Hundimiento de Severidad alta con caída transversal de calzada completa. Ondulación alta, con levantamiento de las piezas articuladas. Presencia de Baches sucesivos.		
K24+000	Hundimiento de Severidad alta con caída transversal de calzada completa. Ondulación alta, con levantamiento de las piezas articuladas. Presencia de Baches sucesivos.		
K24+100	Inicio del Viaducto Arco del Bicentenario: Hundimiento de Severidad alta con caída transversal de calzada completa. Ondulación alta, con levantamiento de las piezas articuladas. Presencia de Baches sucesivos.		
K24+300	Salida del Viaducto Arco del Bicentenario: Hundimiento de Severidad alta con caída transversal de calzada completa. Ondulación alta, con levantamiento de las piezas articuladas. Presencia de Baches sucesivos.		
K26+350	Fisura en medialuna en carril derecho con desprendimiento alto y desgaste superficial. Parche con daño alto en carril izquierdo y ondulación severa.		
K28+000	Hundimiento de Severidad alta con caída transversal de calzada completa. Ondulación alta, con levantamiento de las piezas articuladas. Fisura en medialuna en carril derecho con desprendimiento alto		

Fuente: Los autores

Estas dos últimas conclusiones se corresponden con la experiencia de aplicación al caso concreto de tecnología GPR para dimensionar y planificar proyectos de inversión, que, en términos económicos, son de importancia significativa.

## 6. Referencias

### Artículos de revistas

- [1] Levi, S. (2006). GEOGRAFÍA HUMANA Y GEOMÁTICA. Boletim Goiano de Geografia, 26 (1), 12-29. Consultado el 19 de abril de 2018 en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337127144001>
- [2] Groot, R. *Meeting educational requirements in geomatics*, ITC Journal, 1989-1:1-4
- [3] Umbaugh, S. (1998). Computer vision and image processing. EE.UU.: Prentice Hall PTR, pp. 3-35. Consultado el 19 de abril de 2018 en <https://www.pearson.com/us/higher-education/program/Umbaugh-Computer-Vision-and-Image-Processing-A-Practical-Approach-Using-CVIP-Tools-BK-CD-ROM/PGM62702.html>.

### Libros

- [4] Documento CONPES No. 3585, 2009. Consultado el 19 de abril de 2018 en <http://www.icde.org.co/web/guest/inicio>.
- [5] Fernández B., *Geodesia para ingenieros*, Geodesia por satélite de Colombia Ltda., Bogotá D.C., 2003.

### Fuentes electrónicas

- [6] Acquah P. C., Fosu C. (2017). *Implementation of Geographic Information System Application in the Maintenance Management of Roads in Ghana: A Case Study of Roads in Kumasi Metropolis*. Consultado el 19 de abril de 2018 en <http://article.sapub.org/10.5923.j.ajgis.20170603.02.html>
- [7] Muslim N. H., et al. (2017). *Pavement Structural Assessment Using Automated Tools: A Comparative Study* Malaysian Journal of Civil Engineering 29 Special Issue (1):129-152 Consultado el 19 de abril de 2018 en <http://civil.utm.my/mjce/files/2017/07/Vol-29-SI-1-Paper-11.pdf>.
- [8] www.esri.com, ArcGIS Resources. Consultado el 19 de abril de 2018 en <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/na/015w00000052000000/>
- [9] INVIAS. www.invias.gov.co. Consultado el 19 de abril de 2018 en <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1>. Abril 19 de 2018.
- [10] Porras, D. H. et al. (2014) Automated systems for data acquisition oriented to examine flexible pavements. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 24 (1), pp. 79 - 98. Consultado el 19 de abril de 2018 en [http://www.umng.edu.co/documents/10162/7080683/articulo\\_5\\_vol\\_24\\_1.pdf](http://www.umng.edu.co/documents/10162/7080683/articulo_5_vol_24_1.pdf).

### Sobre los autores

- **Henry Yecid Bustos Castañeda:** Estudiante de Doctorado en Proyectos de UNADE, Maestro en Educación, ingeniero Topográfico, Ingeniero Civil, Profesor de ingeniería civil, [gerenciatocoma@gmail.com](mailto:gerenciatocoma@gmail.com)

- **Richard de J. Gil Herrera.** Dr. Ciencias de la Computación y Tecnología Informática. Tres Maestrías en: 1) Gerencia, 2) Telecomunicaciones y 3) Sistemas inteligentes. Profesor de UNADE.mx ([richard.dejesus@unade.net](mailto:richard.dejesus@unade.net)), Profesor UNIR.es ([richard.dejesus@unir.net](mailto:richard.dejesus@unir.net)).

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)