



**Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



SEMILLERO DE INVESTIGACION EN PAVIMENTOS – DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA

Jorge Luis Castelblanco Peñuela, Ángela Giovanna Galeano Pachón, Paula Marcela Gutiérrez Mesa, Julián David Jaimes Rodríguez, Iván Camilo Monroy Salazar, Javier David Palacios Calderón, Ana María Pérez Mojica, Juan Camilo Quiroga Núñez, Andrea Johanna Sotelo Bello, Sandra Ximena Campagnoli Martínez

**Escuela Colombiana de Ingeniería
Bogotá, Colombia**

Resumen

Dentro de la formación de ingenieros es fundamental promover los semilleros de investigación como un espacio para ejercer las competencias investigativas, el trabajo colaborativo, el pensamiento crítico, la innovación y la creatividad, dando soluciones a problemas reales a nivel nacional y local, aplicando los conocimientos adquiridos en un ambiente de tertulia y dialogo, mientras se fortalecen los valores de la tolerancia y el respeto por las ideas de los demás.

Estos grupos de investigación son un espacio propicio para el crecimiento personal y la formación académica contribuyendo con un sinnúmero de ventajas que pueden darse a través de una acción voluntaria, en donde estudiantes y profesores pueden participar.

En este trabajo se exponen las experiencias de un grupo de estudiantes del programa de Ingeniería Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en la organización y ejercicio del semillero de investigación en pavimentos.

Palabras clave: semillero; investigación; pavimentos

Abstract

Within the training of engineers it is essential to promote the research seedbeds as a space to exercise investigative skills, collaborative work, critical thinking, innovation and creativity, providing solutions to real problems at national and local level, applying knowledge acquired in an atmosphere of chat and dialogue, while the values of tolerance and respect for the ideas of others are strengthened.

These research groups are a favourable space to the personal growth and academic training contributing a lot of advantages that can occur through voluntary action, where students and teachers can participate.

This paper describes the experiences of a group of students from the Civil Engineering program of the Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, in the organization and exercise of the research seedbeds on pavements.

Keywords: *research; seedbed; pavements*

1. Introducción

Los semilleros de investigación constituyen un nuevo modelo de aprendizaje de origen espontáneo y naturaleza autónoma, con una organización interna propia. Sus principios básicos están enfocados a promover desde la academia, una formación más investigativa e integral, contribuyendo a suscitar una educación participativa donde se fortalezca la capacidad de trabajar en grupo.

Un semillero no sólo debe buscar generar conocimiento, sino también capacitar a sus integrantes para el desarrollo de destrezas y habilidades como el pensamiento crítico, la capacidad de leer, escribir, argumentar y debatir en un ambiente de tertulia y diálogo, mientras se fortalecen los valores de la tolerancia y el respeto por las ideas de los demás.

El semillero dentro de la universidad es una estrategia para fortalecer la formación integral de los estudiantes potenciando así la calidad de los futuros profesionales.

La participación dentro del semillero es un acto voluntario de estudiantes que muestran interés por profundizar, más allá del aula, en un área de conocimiento específica de manera autónoma, generando espacios para el estudio, el análisis y la reflexión sobre problemáticas particulares que los lleven a la búsqueda de sus soluciones. El semillero es una organización dentro de la academia donde se aprende a aprender y se tiene la posibilidad de descubrir nuevo conocimiento.

2. Antecedentes del semillero de investigación en pavimentos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

Con la intención de conocer el contexto y de buscar soluciones prácticas a las problemáticas para el desarrollo de la infraestructura vial del país y de la región, de tal forma que paralelamente se promuevan las competencias investigativas, el trabajo colaborativo, la innovación y la creatividad, nace el semillero de investigación en pavimentos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en el primer semestre del año 2015.

El semillero es una iniciativa de varios estudiantes del programa de ingeniería civil, que cuentan con el apoyo institucional y con la orientación de profesores expertos en el tema. Su organización se ha estructurado para motivar la práctica investigativa dentro del cuerpo estudiantil, construyendo conocimientos alrededor del estudio de los pavimentos.

Siguiendo el concepto de autonomía, el semillero ha definido su propio ciclo dentro del proceso de investigación, como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Proceso de investigación del semillero de pavimentos.

En el inicio del proceso, se concibe la participación de invitados especiales de gran conocimiento en el área de los pavimentos y temas relacionados con las herramientas y las metodologías de investigación y se realizan visitas técnicas a empresas, proyectos y a otras universidades con el fin de conocer los desarrollos tecnológicos y científicos en el área, tener un acercamiento a los contextos mundial, nacional y local e identificar las principales problemáticas asociadas con la infraestructura vial, específicamente con los pavimentos, establecer los ejes temáticos de trabajo y finalmente abordar la búsqueda de soluciones.

3. Organización

Para llevar a cabo el proceso, el semillero ha definido su propia metodología de trabajo y su organización interna, fundamentado en la participación activa de los estudiantes y la autonomía de los mismos, guiados por profesores (tutores).

Se establecieron niveles de jerarquía y la relación entre ellos, con el fin de tener una estructura formal de la organización, tal como se muestra en el organigrama de la figura 2.

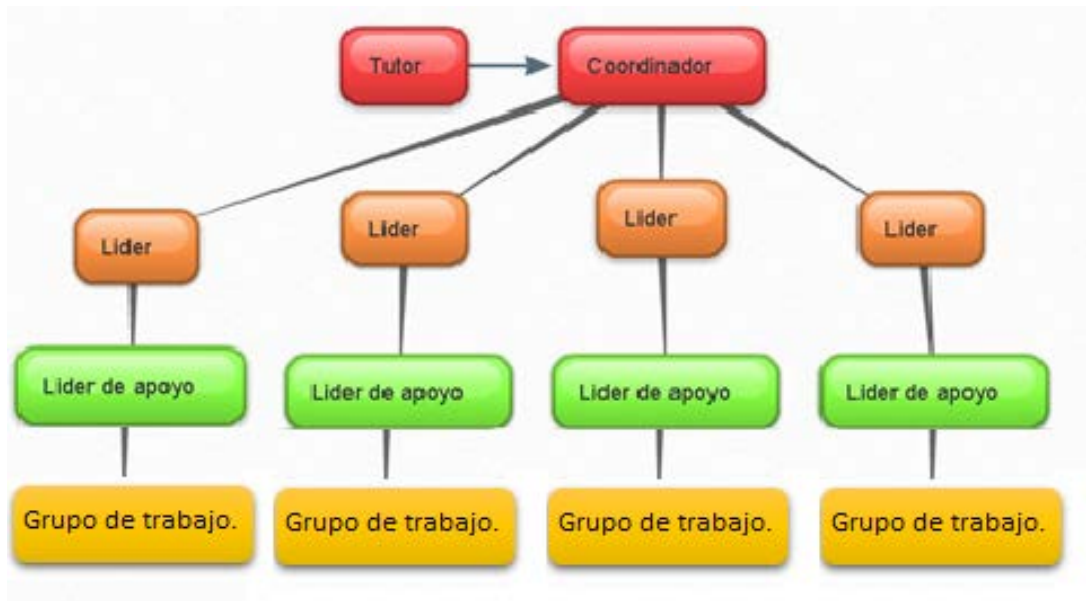


Figura 2. Organigrama del semillero.

Como se observa en el organigrama en el primer nivel el coordinador y los tutores trabajan de la mano, participan activamente y están informados de todos los acontecimientos que ocurren en los diferentes niveles. El tutor cumple con la función de orientar, dirigir y retroalimentar al semillero, el coordinador de organizar, programar y velar porque se ejecuten los objetivos planteados y los líderes de grupo son aquellas personas capaces de guiar e influir en sus compañeros buscando el logro de los objetivos y metas propuestas. El líder, además de tener conocimientos básicos del eje temático que se encuentra a su cargo, debe tener actitud crítica, aptitud para poder manifestar sus opiniones e ideas estimulando a los integrantes del grupo a que expresen sus propias posturas, y valores como la disciplina, el respeto y la tolerancia.

Para mayor agilidad en las comunicaciones entre el semillero, sus integrantes y la sociedad se participa en redes sociales, tales como en Facebook, <https://www.facebook.com/Semillero-De-Investigacion-En-Pavimentos-Escuela-Colombiana-de-Ingenieria>, Instagram y Twitter, donde se puede evidenciar su dinámica y su actividad alrededor de la ingeniería de pavimentos.

4. El proceso para la Identificación de problemas

El acercamiento a los expertos, a la industria relacionada y a pares de otras universidades ha permitido conocer el contexto y la realidad de la infraestructura vial del país y de Bogotá. Algunos aspectos relevantes que se han identificado como problemáticas en el área, se refieren a la extensión de las redes viales del país y de la ciudad, a su estado actual, a como se encuentran administradas para su construcción, mantenimiento y servicio, a su nivel de importancia para la economía nacional - clasificándose en redes primarias, secundarias y terciarias- y a nivel del Distrito capital, a la calidad de los materiales y de los procesos constructivos, a las técnicas asociadas a un desarrollo sostenible y a las herramientas usadas para el diseño de las estructuras de pavimento.

Algunas de las problemáticas identificadas en diferentes niveles y aspectos se resumen a continuación:

1. En la red terciaria.

Considerando el nivel de importancia e impacto en el desarrollo del país y la extensión que tiene la red terciaria, es necesario plantear alternativas como solución para la construcción, el mejoramiento, la rehabilitación y la conservación de la misma. Actualmente el uso de afirmados como opción de estructura de pavimento es muy utilizada en Colombia, no solo en la red terciaria - tomando como base los datos registrados en el documento del INVIAS “*Estado de la red vial criterio técnico*” del segundo semestre del año 2015, el 27,47% de la red primaria a cargo de esta entidad tiene como material de estructura de pavimento el afirmado, a pesar de que este material es considerado apto solamente para vías cuyo volumen de tránsito es bajo. Los materiales para construir afirmados, no solamente tiene que cumplir con ciertas propiedades físicas y mecánicas, sino que también la misma estructura de pavimento conformada por estos materiales debe ser apropiada para su aplicación bajo condiciones topográficas, climáticas y de cargas específicas, que en muchos casos no se cumplen.

2. En la ciudad de Bogotá.

Para la sociedad es conocida las precarias condiciones en la que se encuentra la malla vial de la ciudad y los problemas de movilidad que se presentan debido a esta condición. Las necesidades de la población no dan espera y con el crecimiento que ésta presenta, la problemática parece no tener una pronta solución. El número de huecos generados con el tiempo es mayor al número de los que se reparan, aumentando el riesgo de accidentalidad en las vías y la reducción de velocidad de tránsito en las mismas, lo cual, a su vez, aumenta el tiempo de desplazamiento y el nivel de congestión.

Las obras de reparación especialmente en las troncales generan traumatismos para los usuarios y sus tiempos de ejecución sobrepasan normalmente los proyectados. El mantenimiento no es oportuno y esto lleva a que se aumente exponencialmente el nivel de deterioro en las vías como es el caso de algunas de algunas de las troncales de Transmilenio.

Los huecos en zonas de tránsito liviano suelen rellenarse por la misma comunidad con residuos como arena, ladrillo y algunos otros desechos de construcción que puedan encontrarse a su alcance; sin embargo, estos materiales son removidos por el mismo tránsito y, en la mayoría de los casos, tienden a agrandar el hueco debido a la falta de confinamiento del relleno.

3. Desarrollo sostenible.

Las técnicas de diseño, construcción, rehabilitación y mantenimiento de las vías en general tienen mucho que aportar a la solución de algunos problemas ambientales. En particular, el reciclaje de pavimentos y el uso de subproductos industriales y materiales de deshecho como los neumáticos fuera de uso, son unas de las posibilidades que se están explorando y ganando mayor aceptación para el logro de un desarrollo sostenible. La lista de materiales de residuos utilizables en construcción es muy extensa. A medida que se ha venido imponiendo el concepto de la infraestructura sostenible, se ha comenzado a promover el beneficio ambiental mediante el uso de tecnologías como; reciclado en caliente, reciclado en frío, microaglomerados y demolición de pavimentos rígidos.

Evaluar el impacto económico y social durante el ciclo de vida de los proyectos es indispensable. El desarrollo sostenible no solamente es preservar el medio ambiente sino también considerar aspectos sociales y económicos.

5. Definición de ejes temáticos

Con los conocimientos adquiridos en la primera fase del proceso investigativo, el semillero identifica algunos de los problemas que se presentan en los pavimentos de la infraestructura vial del país y de la ciudad de Bogotá y que su estudio puede ser de interés para la búsqueda de soluciones, los cuales se muestran en la figura 3:

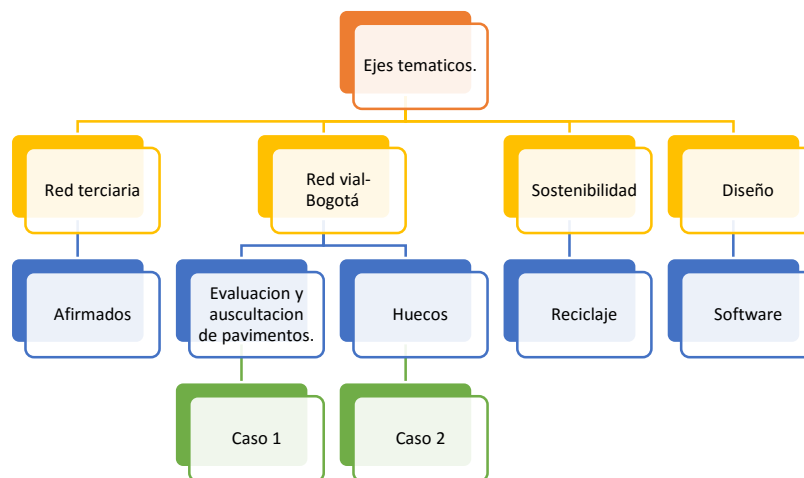


Figura 3. Ejes temáticos de estudio.

6. Exposición de casos

La evolución del semillero ha sido significativa, al participar en foros, interactuar con estudiantes de otras universidades, realizar salidas técnicas, publicar los resultados de investigación. A continuación, se especifican con mayor detalle dos proyectos:

CASO 1: Investigación Avenida Caracas – Autopista Norte, Troncal Transmilenio, TM

En el mes de noviembre de 2015 el semillero de pavimentos fue convocado por la Sociedad Colombiana de Ingenieros y Sociedad Colombiana de Geotécnica, para realizar una investigación sobre el deterioro en el pavimento de la Troncal Caracas y de la Autopista Norte, desde el portal Usme hasta el portal Norte.

Para los propósitos de este trabajo, aun cuando se revisaron y analizaron diferentes metodologías para la evaluación de los pavimentos, dada la imposibilidad de efectuar mediciones directas de campo, las restricciones propias de las herramientas de inspección usadas en los carriles de Transmilenio - TM (cámaras de video convencionales) y las limitaciones de tiempo para la ejecución del estudio, se decidió adoptar una metodología simplificada, registrando únicamente las patologías que se encontraron con mayor frecuencia y cuya severidad se estimó entre media y alta, en los carriles de Transmilenio –TM, en ambos sentidos, entre el portal Norte y el Portal Usme.

Dado los recursos limitados para el uso de herramientas especializadas para la auscultación de pavimentos, se buscó la innovación en el uso de tecnologías al alcance de los participantes del semillero que realizaron el estudio – como por ejemplo la aplicación de Google Earth – Street View para la visualización de las vías, la ubicación de hitos tales como estaciones y en general para la identificación de los principales deterioros. En las imágenes de la figura 4 se muestran las aplicaciones hechas con algunas de estas herramientas y el grupo de trabajo durante la salida de campo.

En el estudio se identificaron las patologías más recurrentes y las estaciones más críticas del sistema Transmilenio y las conclusiones se presentaron en el foro técnico “Troncal de la Caracas” organizado por la Sociedad Colombiana de Ingenieros – SCI- y la Sociedad Colombiana de Geotecnia -SCG-.



Figura 4: Algunas herramientas aplicadas y grupo de trabajo

CASO 2: Materiales alternativos para el parcheo de pavimentos

Para atender la problemática del deterioro de los pavimentos y específicamente de la malla vial de la ciudad de Bogotá, se han estudiado las diferentes técnicas para reparar huecos en estructuras de pavimentos, y se están investigando alternativas de materiales y procedimientos de fácil ejecución para realizar su parcheo.

Con este objetivo el semillero comenzó a investigar las propiedades, comportamientos y características de materiales que presenten resistencia y durabilidad, a través de ensayos en el laboratorio de Suelos y pavimentos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, con diferentes muestras de tal forma que se logre desarrollar una metodología para la intervención de los huecos y el uso de materiales de fácil consecución para que sea, eventualmente la misma comunidad quien realice la reparación.



Figura 5: Experiencias en el desarrollo del estudio para la reparación de huecos en los pavimentos

7. Lecciones aprendidas

La participación de los estudiantes en este grupo de investigación ha sido muy enriquecedora en el ámbito personal y académico. Se han creado espacios propicios para la investigación donde se adquieren habilidades como; trabajo en grupo, análisis y pensamiento crítico, aportar solución a problemas de nuestra sociedad y un sinnúmero de ventajas que pueden darse a través de una acción voluntaria, en donde estudiantes y profesores pueden participar.

Una de las dificultades dentro del proceso de formación ha sido la falta de constancia de algunos miembros del semillero que se han tratado de subsanar con actividades atractivas y dinámicas de integración que involucran a cada miembro.

A futuro se planea continuar con los ejes temáticos para dar continuidad a los objetivos de las propuestas anteriormente planteadas, teniendo una buena organización de las actividades y labores de cada una de las personas pertenecientes a los grupos de trabajo.

8. Referencias

Libros

- Sánchez, F. Campagnoli, S. (2016). Pavimentos asfálticos de carreteras: guía práctica para los estudios y diseños. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, D.C.

Artículos

- Torres, L. (2005). Para qué los semilleros de investigación.
- Angel, S. (2004) “Semillero de investigadores en análisis de sistemas de producción agropecuaria; el relevo generacional del grupo de investigación ASPA”. CD memorias I Encuentro de Semilleros de Investigación, Nodo Caldas.
- Angel, S. Los Semilleros de Investigadores en la Universidad de Caldas.

Fuentes electrónicas

- IDU (Instituto de Desarrollo Urbano). (2013-2015). Estadísticas Históricas 2013-2015. Consultado el 10 de Junio de 2016 en <https://www.idu.gov.co/web/geodata/estadisticas>
- INVIAS (Instituto Nacional de vías). (2016). Estado de la red vial criterio técnico. Consultado el 10 de Junio de 2016 en http://invias.gov.co/index.php/historico-cartelera-virtual/cat_view/29-informacion-institucional.

Sobre los autores

- **Sandra Ximena Campagnoli Martínez.** Ingeniera Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Especialista en Geotecnia de la Universidad Nacional de Colombia y en Mecánica de Suelos de la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Titular. sandra.campagnoli@escuelaing.edu.co
- **Ángela Giovanna Galeano Pachón.** Estudiante de ingeniería civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. angela.galeano@mail.escuelaing.edu.co
- **Ana María Pérez Mojica.** Estudiante de ingeniería civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. ana.perez@mail.escuelaing.edu.co
- **Paula Marcela Gutiérrez Mesa.** Estudiante de ingeniería civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. paula.gutierrez@mail.escuelaing.edu.co
- **Andrea Johanna Sotelo Bello.** Estudiante de ingeniería civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. andrea.sotelo@mail.escuelaing.edu.co

- **Jorge Luis Castelblanco Peñuela.** Estudiante de ingeniería civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. jorge.castelblanco@mail.escuelaing.edu.co
- **Julián David Jaimes Rodríguez.** Estudiante de ingeniería civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. julian.jaimes@mail.escuelaing.edu.co
- **Iván Camilo Monroy Salazar.** Estudiante de ingeniería civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. ivan.monroy-sf@mail.escuelaing.edu.co
- **Juan Camilo Quiroga Núñez.** Estudiante de ingeniería civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. juan.quiroga@mail.escuelaing.edu.co
- **Javier David Palacios Calderón.** Estudiante de ingeniería civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. javier.palacios@mail.escuelaing.edu.co

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

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)