



MEMORIAS

V Seminario Internacional de Ingeniería Militar

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



APORTE DE LOS EJÉRCITOS AL DESARROLLO VIAL EN LOS PAÍSES AMERICANOS

Octubre 22 de 2021

Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", Bogotá D. C., Colombia



Título: V Seminario Internacional de Ingeniería Militar

Primera edición, 2021

Jhon Fredy Rincon Morantes
Sergio Andrés Blanco Londoño
Ricardo Gonzalez Olaya

Cubierta: fotografía del Ejército Nacional de Colombia

2021 Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"
Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación
Calle 80 N.º 38-00. Bogotá, D. C., Colombia
Teléfono: +57 (1) 3770850 ext. 1104
Correo electrónico: selloeditorial@esmic.edu.co

Libro electrónico publicado a través de la plataforma Open Monograph Press

<https://doi.org/10.21830.22102021>

El contenido de este libro corresponde exclusivamente al pensamiento de los autores y es de su absoluta responsabilidad. Las posturas y aseveraciones aquí presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representa la posición oficial ni institucional de la Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova".



Los libros publicados por el Sello Editorial ESMIC son de acceso abierto bajo una licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.esr>



Presentación

Coronel **Wilson Miguel Zarabanda Fuentes**

Vicerrector Académico

Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

En nombre del señor Brigadier General Giovani Valencia Hurtado director de Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, y el de toda la comunidad académica quiero manifestar que como vicerrector de esta institución que es un gran honor dar apertura al V Seminario de Ingeniería Militar, actividad que adelanta la Facultad de Ingeniería Civil de nuestra Alma Mater del Ejército Nacional y que en esta ocasión cuenta con el valioso apoyo de oficiales de diferentes Ejércitos del continente como Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y prestigiosos académicos de las mejores universidades del País.

Siguiendo los lineamientos establecidos por la Facultad de Ingeniería Civil de desarrollar anualmente un Seminario Internacional de Ingeniería Militar que fortalezca la identidad del programa, la difusión del conocimiento, la integración, la investigación, la docencia y la formación integral para este año el tema gira alrededor del aporte de los Ejércitos al desarrollo vial de los Países Americanos.

Este Seminario de Ingeniería Militar está dirigido a la comunidad académica del programa de Ingeniería Civil, estudiantes, docentes, egresados, administrativos y directivos. Trata un tema actual sobre cómo los Ejércitos más representativos de América aportan con sus capacidades técnicas para contribuir con el desarrollo de sus países, así como también los últimos desarrollos tecnológicos para la evaluación de materiales que integran las estructuras de pavimentos. Este es un espacio académico de reflexión que orienta e inspira a los futuros oficiales estudiantes del programa de Ingeniería Civil.

Quiero expresar la más sincera gratitud a cada uno de los conferencistas, por aceptar la invitación a compartir sus conocimientos en este evento. Que permite fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de los conocimientos adquiridos en la clase durante el proceso de formación. Así mismo, quiero exaltar a todos aquellos que hicieron posible su desarrollo.

Por último, invito al público asistente a encontrar en el seminario una herramienta de gran valor para responder aquellos interrogantes asociados sobre la aplicación de la Ingeniería Civil en el trabajo militar y los desafíos que esto conlleva.

Muchas gracias.

Patria, Honor, Lealtad.

Introducción

El V Seminario Internacional de Ingeniería Militar modalidad virtual cuyo eje central fue “Aporte de los Ejércitos al Desarrollo Vial en los Países Americanos” desarrollado por la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, está dirigido a los estudiantes, docentes, egresados y administrativos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Militar e invitados especiales.

La mejora de la infraestructura vial, es un tema de gran importancia para la economía y la sociedad en general. En los países americanos, en general se presenta un rezago significativo en lo referente al desarrollo de vías terrestres, los Ejércitos Americanos han contribuido a reducir este rezago construyendo infraestructura vial principalmente en lugares de difícil acceso. Por otra parte, en el tema de los pavimentos se desataca el desarrollo de nuevas tecnologías para evaluar los materiales que conforma la estructura de los pavimentos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se optó por tratar estos dos temas como eje central del seminario organizado por la Facultad de Ingeniería Civil. Este seminario entonces, por una parte, trata un tema en el cual los Ejércitos más representativos de América aportan con sus capacidades para contribuir con el desarrollo vial y por otra presenta el tema actual sobre los aportes técnicos en pavimentos en el desarrollo de tecnologías para evaluar los materiales que conforman su estructura.

Tabla de contenido

Presentación	3
Introducción.....	5
Objetivos.....	7
Impacto.....	9
Agenda	10
Capítulo 1. APORTES DE LOS EJÉRCITOS.....	11
1.1. Aportes de los ingenieros militares de Brasil al desarrollo vial ...	12
1.2. Aportes de los ingenieros militares de Colombia al desarrollo vial ...	18
1.3. Aportes de los ingenieros militares de Perú al desarrollo vial.....	23
1.4. Aportes de la ingeniería militar del ejército de Brasil al desarrollo vial	29
1.5. Aportes de los ingenieros militares de Ecuador al desarrollo vial ...	35
Capítulo 2. APORTES TÉCNICOS PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....	41
2.1. Evaluación mecánica de materiales granulares para vías de bajos volumenes de tránsito	42
2.2. Optimización de la calidad de adhesión de interfases asfalto- agregado.....	50
2.3. Ensayos acelerados en pavimentos “materiales alternativos para la red de bajos volúmenes de tráfico en Colombia.....	56
Palabras de cierre.....	63
Cargue plataforma SNIES	66



Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Generar un espacio académico que permita dar a conocer los aportes de los Ingenieros Militares de los Ejércitos de la Américas (Brasil, Colombia, Ecuador y Perú) en temas del desarrollo vial y los aportes técnicos en pavimentos sobre tecnologías para la evaluación de materiales que conforman la estructura de los pavimentos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Establecer los aportes de los Ingenieros Militares de los Ejércitos de las Américas para el desarrollo vial.
- ▶ Mostrar aportes técnicos en pavimentos sobre desarrollos tecnológicos para la evaluación de los materiales que conforman la estructura de los pavimentos.



Impacto

El estado final deseado del presente Seminario Internacional es brindar a los estudiantes, docentes, egresados y administrativos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Militar de Cadetes, conocimientos de las capacidades de los Ingenieros Militares en el desarrollo vial y aspectos tecnológicos para la evaluación de materiales que conforman las estructuras de pavimentos. Estos conocimientos les permitirán tener mejores capacidades para el desarrollo de proyectos viales.

AGENDA

Hora	Actividad	Participante
6:45 - 7:00	Apertura	CR. Wilson Miguel Zarabanda Fuentes Vicerrector Académico ESMIC
7:00 - 7:40	Ponencia Colombia	MY. Jhon Fredy Rincón Morantes Decano Facultad de Ingeniería Civil Escuela Militar de Cadetes (ESMIC)
7:40 - 8:25	Ponencia Colombia	PhD. Allex Eduardo Álvarez Lugo Profesor Titular Universidad Industrial de Santander (UIS) Ing. Lady Dayana Vega Rodríguez Estudiante de Maestría Universidad de São Paulo
8:25 - 9:00	Ponencia Brasil	MY. Fabio Luis França de Faria Docente Instituto Militar de Ingeniería (IME) Ejército de Brasil
9:00 - 9:40	Ponencia Colombia	PhD. Oscar Javier Reyes Ortiz Profesor Titular Universidad Militar Nueva Granada (UMNG)
9:40 - 10:00	Coffee Break	
10:00 - 10:40	Ponencia Colombia	Ing. Ernesto Correa Valderrama Subdirector Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte Ministerio de Transporte de Colombia
10:40 - 11:20	Ponencia Perú	CR. Carlos Rincón Núñez Comando de Apoyo al Desarrollo Nacional Ejército de Perú
11:20 - 11:50	Ponencia Brasil	CT. Daniel Ramalho Dantas Araujo Docente Invitado a la ESMIC Ejército de Brasil
11:50 - 12:30	Ponencia Ecuador	CT. Víctor Yépez Proaño Auxiliar técnico del Cuerpo de Ingenieros Ejército de Ecuador
12:30 - 12:45	Cierre	MY. Jhon Fredy Rincón Morantes Decano de la Facultad de Ingeniería Civil ESMIC



Capítulo 1.

APORTES DE LOS EJÉRCITOS



PONENCIA

1.1. APORTES DE LOS INGENIEROS MILITARES DE BRASIL AL DESARROLLO VIAL

Mayor **Fabio Luis França de Faria**



PAÍS	BRASIL
NOMBRE	MY. FABIO LUIS FRANÇA DE FARIA
CARGO	DOCENTE INSTITUTO MILITAR DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO DE BRASIL

Oficial del Arma de Ingeniería de la Academia Militar de las Agujas Negras, Ingeniero de Fortificación y Construcción del Instituto Militar de Ingeniería – IME del Ejército de Brasil, Magister en Ingeniería de Defensa del Ejército de Brasil, Postgrado Lato Sensu en Ciencias Militares en la Escuela de Mejoramiento de Oficiales del Ejército de Brasil, Curso de Tasación Inmobiliaria en el Directorio de Patrimonio Inmobiliario y Medio Ambiente del Ejército de Brasil y Curso de Empleo de Minas/Desminado.

MEMORIAS

La presentación ponencia tiene como objetivo describir como ocurre la formación de los Ingenieros Militares en el Instituto Militar de Ingeniería (IME) en Brasil, presentar algunos estudios y análisis de obras de la ingeniería militar brasileña, así como también los proyectos y retos futuros.

1. Instituto Militar de Ingeniería

El IME se encuentra ubicado en la ciudad de Río de Janeiro. El IME es un establecimiento docente del Departamento de Ciencia y Tecnología (DCT) responsable, en el ámbito del Ejército de Brasil, de la educación superior en Ingeniería y de la investigación básica.

Ofrece cursos de extensión de pregrado, posgrado y universidad para militares y civiles. Forma parte del Sistema de Ciencia y Tecnología del Ejército, colaborando con otros organismos, mediante la prestación de servicios y realizando actividades de carácter técnico-científico. El Instituto coopera, a través de la docencia y la investigación, también para el desarrollo científico-tecnológico del país.

En el Instituto Militar el alumno puede elegir entre las siguientes ingenierías:

- ▶ Ingeniería Cartográfica.
- ▶ Ingeniería de Computación.
- ▶ Ingeniería de Comunicaciones.
- ▶ Ingeniería Eléctrica.
- ▶ Ingeniería de Fortificación y Construcción.
- ▶ Ingeniería Electrónica.
- ▶ Ingeniería Mecánica.
- ▶ Ingeniería de Materiales.
- ▶ Ingeniería Química.

La Ingeniería de Fortificación y Construcción es la especialidad más antigua de la Ingeniería Militar y este curso de graduación en el IME es considerado el mejor curso de ingeniería del país.



2. Análisis de las obras

a. Aeropuerto de Natal

La Ingeniería de Fortificación y Construcción fue responsable en las actividades de planificación y ejecución de una importante obra en la ciudad de Natal en Brasil, la obra de construcción del aeropuerto internacional de la ciudad. Esta obra contribuyó al desarrollo de la región, dado que Natal es una ciudad importante para el turismo brasileño.

El proyecto contó con un gran control tecnológico y una muy amplia gama de servicios como drenaje profundo y superficial, señalización aérea, además de pavimentación asfáltica y de hormigón.

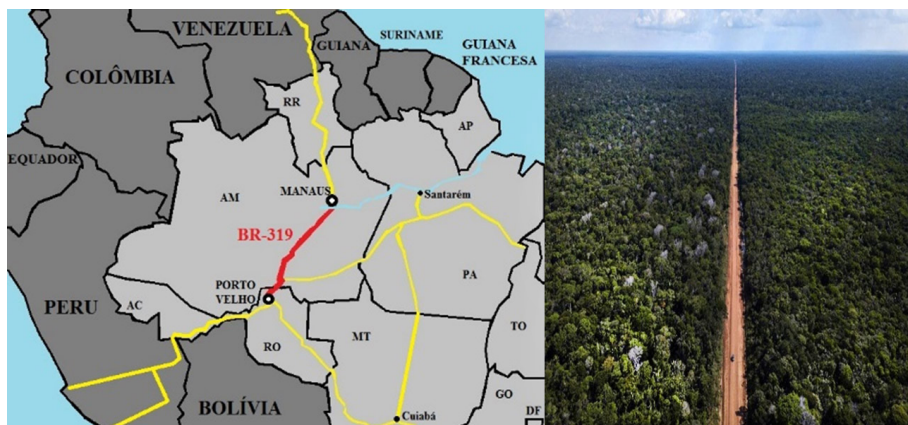


b. Pavimentación/Reconstrucción BR-319

La BR 319 es una importante carretera entre los estados de Amazonas y Rondônia en el Norte de Brasil. La misma se encuentra ubicada en el medio de la selva Amazónica.

Esta fue inaugurada en 1976, pero en su momento presentaba demasiados problemas de infraestructura. En 1988 fue cerrada porque no tenía un adecuado mantenimiento y era peligrosa para los conductores. Con el pasar de los años esta vía fue siendo tomada por la selva y hoy, en algunas partes, no es posible ver la carretera.

El Gobierno brasileño solicitó la ayuda del Ejército para la reconstrucción y pavimentación de esta carretera. Esta construcción garantizará una mayor seguridad y reducción de tiempo de viaje, pues actualmente las alternativas para llegar a Manaus, la capital de Amazonas, o a Porto Velho, la capital de Rondônia, son barco y avión. Otro punto importante es que esta carretera ayudará el desarrollo económico y social de la región.



c. Otras Obras

Otras obras de gran relevancia construidas con la ayuda del Ejército de Brasil son la conservación de la BR-367 y la pavimentación del municipio de Araguari.

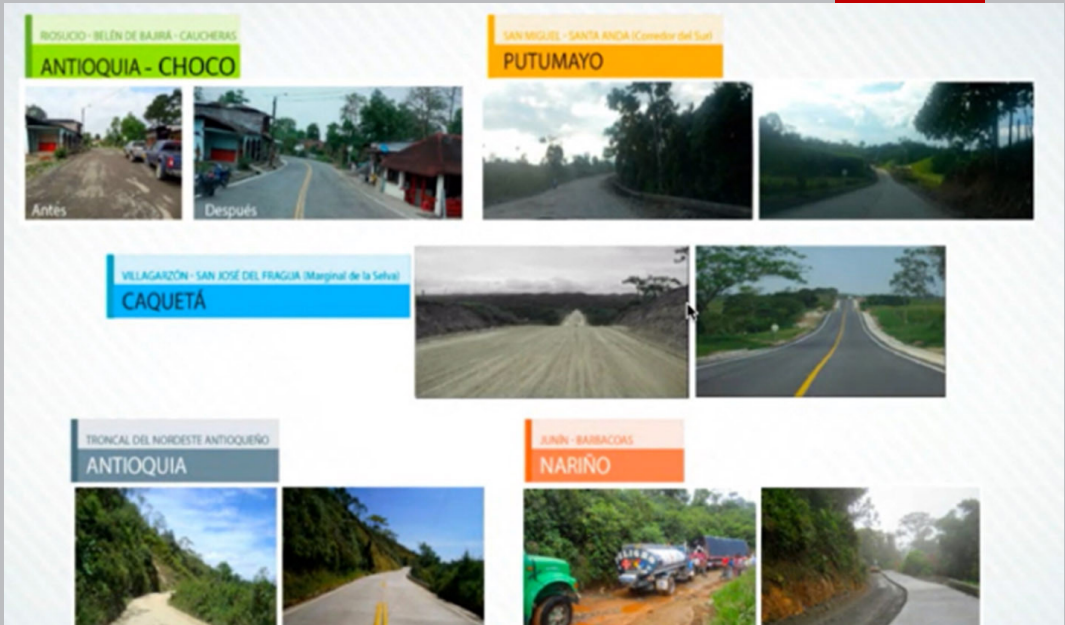
3. Proyectos y retos futuros

El Ejército de Brasil está estudiando e invirtiendo en energía solar, especialmente para llevar energía a las unidades de frontera que normalmente están ubicadas en localidades sin acceso a red eléctrica. Además, es un tipo de energía que contribuye con la preservación ambiental.

Los primeros paneles solares están siendo instalados en los pelotones fronterizos de la Amazonía. Con eso, los pelotones van a tener energía eléctrica las 24 horas del día, lo que no ocurre actualmente. Se estima que esto generará una reducción de costos logísticos con transporte de combustible y mejora de las condiciones de los que trabajan. Además, se espera un rápido retorno de la inversión.

CONCLUSIÓN

Se presentó un resumen de los aportes que tiene el Ejército de Brasil al desarrollo vial, resaltando los principales proyectos que se han realizado en los últimos años y los proyectos futuros que se planean realizar.



PONENCIA

1.2. APORTES DE LOS INGENIEROS MILITARES DE COLOMBIA AL DESARROLLO VIAL

Ing. Ernesto Correa Valderrama



PAÍS	COLOMBIA
NOMBRE	ING. ERNESTO CORREA VALDERRAMA
CARGO	SUBDIRECTOR UNIDAD DE PLANEACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE

Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia, Especialista en Vías y Transporte de la Universidad Nacional de Colombia, Magister en Administración de la Universidad Nacional de Colombia, Certificación Ejecutiva en Public Leadership Creating Public Value, Applying Behavioral Insights to the Design of Public Policy, Emerging Leaders de la Universidad de Harvard en Estados Unidos y Leading Digital Transformation del Massachusetts Institute of Technology.

MEMORIAS

En esta ponencia se presenta cuál ha sido el aporte del Ejército Nacional de Colombia en el desarrollo de la infraestructura vial. Para ello se debe inicialmente mencionar que en la planeación de la infraestructura se presentan tres pasos: visión de país, planeación y ejecución.

En la formación de los ingenieros hace falta mostrar una visión de país porque desde el punto de vista de configuración y estar de acuerdo en los intereses nacionales se tienen varias falencias, pero poco a poco se está construyendo un mejor país entre todos en esa visión unificada que se estableció desde el Plan Victoria, en la cual se debe guiar la acción del Estado para fortalecer la presencia en el territorio y poder generar un desarrollo económico y social sostenible.

En esa visión de país al revisar en el mapa de Colombia las regiones con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), se muestra que existe pobreza en la Guajira, el Sur de Bolívar, en zonas del Paramillo, Córdoba, Choco, Arauca, La Macarena, Orinoquia y Amazonia, Occidente del Cauca y Occidente de Nariño, Putumayo y Caquetá.

Por otra parte, en el mapa de densidad de cultivos ilícitos en Colombia, se observa una proliferación de cultivos ilícitos, donde existe una conexión desde la zona del Catatumbo, Sur de Bolívar, Sur del Cesar, Bajo Cauca Antioqueño, y el Urabá. Otra conexión por la zona de Buenaventura, Tumaco, Putumayo y algunas zonas del Caquetá. Estas rutas de conexión coinciden con las zonas de pobreza.

Al comparar con el mapa de redes viales de Colombia se observa que los problemas han estado donde no hay infraestructura vial, y también donde se requiere más oportunidad y más presencia del Estado. Entonces, los conflictos se encuentran donde no están las vías. La presencia del Estado debe ser como lo dice el Plan Victoria una acción unificada.

Por lo anterior, se creó la necesidad de generar una lista de corredores viales en las zonas de conflicto, obras en Choco, Catatumbo, Sur de Magdalena, entre otras, para llegar a todas las zonas de conflicto apartadas del aparato productivo nacional para que se unan a través de la logística y a través de la infraestructura de

transporte, para ello es muy importante el concepto operativo de consolidación territorial.

Este concepto operativo indica que el esfuerzo del Estado debe estar con operaciones militares acompañadas de esfuerzos institucionales de protección al ciudadano y de desarrollo económico social e institucional, esto es lo que se busca en la acción unificada que se ha venido presentando en el Plan Victoria, aquí es importante llegar con un Estado unido que haga la diferencia en los territorios.

En el año 2015, se creó el programa vías para la equidad, en este programa se invirtió \$4.0 Billones de pesos atravesando todas estas zonas de conflictos, generando estudios y diseños. Siempre de la mano de la institucionalidad se crean sinergias importantes para invertir recursos en zonas donde no estaba presente el Estado.

Como ejemplos se tiene el Putumayo en el corredor San Miguel–Santa Ana, en Antioquia y Choco el corredor Riosucio–Belén de Bajirá–Caucheras, en el Caquetá el corredor Villagarzón–San José del Fragua (Marginal de la Selva), en Antioquia la troncal del Nordeste Antioqueño y en Nariño el corredor Junín–Barbacoas. En estas obras ha tenido participación el Ejército Nacional a través del Comando de Ingenieros Militares.

Las Fuerzas Militares son ejecutores de resultados y de acciones en bien del País, tienen un mérito y vocación muy grande. Además, si no fuera por las fuerzas militares los Ingenieros Civiles y las instituciones no podrían llegar posteriormente a estas zonas de conflicto, por eso esta tan importante el concepto operativo de consolidación territorial, porque el esfuerzo militar abre la puerta al desarrollo a través de la seguridad.

Es importante hacer, ejecutar, actuar unidos, tener una visión clara de país entre todos, las Fuerzas Militares y las demás instituciones del Estado, para crear ideas que se vuelvan proyectos, en estudios y diseños y luego se transformen en realidades materiales.

Entre todos como lo dice el Plan Victoria se está construyendo un mejor porvenir con más esperanza, con mejores oportunidades para los ciudadanos, un porvenir donde se logre incorporar a la nación, articular esas regiones que han estado apartadas del aparato productivo nacional con más desarrollo.

CONCLUSIÓN

Cuando se llega con la acción unificada con ese concepto operativo de consolidación territorial se van reduciendo los problemas y todas esas capacidades que tienen los grupos ilegales. A eso es lo que se debe llegar para seguir construyendo un mejor país basado en una sociedad que crea en la esperanza liderada por las Fuerzas Militares de Colombia y en esa acción unificada entre todas las instituciones.



PARTICIPACIÓN DE LA INGENIERÍA MILITAR

CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE CARRETERAS Y OBRAS DE ARTE (PUENTES, ALCANTARILLAS, BADENES, VEREDAS, MUROS DE CONTENCIÓN Y OTROS).



LANZAMIENTO DE PUENTES MODULARES



CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE AERÓDROMOS Y HELIPUERTOS



CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE EDIFICACIONES



PONENCIA

1.3. APORTES DE LOS INGENIEROS MILITARES DE PERÚ AL DESARROLLO VIAL

Coronel **Carlos Renato Rincón Núñez**



PAÍS	PERÚ
NOMBRE	CR. CARLOS RENATO RINCÓN NÚÑEZ
CARGO	COMANDO DE APOYO AL DESARROLLO NACIONAL DEL EJÉRCITO DEL PERÚ

Licenciado en Ciencias Militares por la Escuela militar de Chorrillos “Coronel Francisco Bolognesi”, Licenciado en Ingeniería Civil, Magister en Gestión de la Construcción, Magister en Gestión Pública, Curso de Comando y Estado Mayor por la Escuela Superior de Guerra del Ejército del Perú, Curso de Comando y Estado Mayor Conjunto por la Escuela Superior Conjunta de las Fuerzas Armadas del Perú y Curso de Ingeniería Anfibia del Ejército del Perú por la Escuela de Ingeniería del Ejército del Perú.

MEMORIAS

1. Antecedentes: Obras de infraestructura vial realizadas

El Perú logra su independencia en 1821 lo cual permitió la creación del Ejército Republicano y las primeras acciones que se tienen como antecedente del Ejército en la construcción vial se dan en el año 1847 con la construcción del puente Quiquijuna en Cusco. Posteriormente, el Ejército de Perú comienza a realizar una serie de intervenciones con la construcción de un camino a Santa Ana por el Río Urubamba (1851), construcción de camino a las Minas Carabaya (1859), la construcción de camino de Moyobamba a Balsa Puerto (1865) y la construcción de Camino de Tayambamba al Huallaga (1872).

En el siglo XX se puede resaltar obras importantes como la construcción de la carretera de penetración al Río Marañón (1917), la construcción de la carretera Tumbes-Zarumilla (1935), las carreteras que se empiezan a asignar a la Unidades de Ingeniería Militar a partir de 1965 para que ellos realicen la construcción, lo cual se extiende hasta el año de 1983 y se reimpulsa en el año de 1993 nuevamente la participación de los Batallones de Ingeniería Militar. Desde la creación de la República hasta la actualidad, la ingeniería militar ha participado activamente en la construcción de carreteras en lugares de difícil acceso a lo largo y ancho de todo el Perú.

2. Participación de la Ingeniería Militar

Los trabajos que esencialmente se realizan con los Batallones de Ingeniería son la construcción, mantenimiento y rehabilitación de carreteras y obras de arte (puentes, alcantarillas, badenes, veredas, muros de contención y otros). Además, por ser parte de la especialidad de la Ingeniería Militar se realiza el lanzamiento de puentes modulares, la construcción, mantenimiento y rehabilitación de aeródromos y helipuertos y la construcción y mantenimiento de edificaciones.

Es adecuado resaltar que la misión que tienen la Unidades de Ingeniería Militar es principalmente en la construcción, mantenimiento y rehabilitación de carreteras y obras viales. Siendo menos frecuente, la intervención en aeródromos y edificaciones.

3. Normatividad vigente

El artículo 171 de la Constitución Política del Perú señala que: “Las Fuerzas Armadas y la Policía Nacional participan en el desarrollo económico y social del País y en la Defensa Civil de acuerdo a Ley”. Con base en este artículo de la Constitución el Ministerio de Defensa formuló la Directiva N° 21-2018, en la cual se define: “La participación del sector defensa en acciones de apoyo al desarrollo nacional y la promoción de las relaciones civil-militar”. En esta Directiva el empleo del Rol Subsidiario del estado en concordancia con la Constitución está orientado esencialmente a que las actividades se realicen en lugares donde la oferta privada no es adecuada, para ello se plantean 3 preceptos:

- ▶ **Primero:** Contar con una norma que le permita realizar dicha actividad. El Ejército mediante ley está facultado a participar en el desarrollo nacional.
- ▶ **Segundo:** El análisis si dicha actividad es subsidiaria o no. Dicho servicio satisface una necesidad real de un segmento de la población (caminos vecinales).
- ▶ **Tercero:** Dicha actividad para ser considerada subsidiaria debe cumplir con un alto objetivo de interés público. La función de la infraestructura vial que conecta los pueblos como facilitador para el desarrollo económico rural en el tiempo.

4. Obras de infraestructura vial realizadas por el Ejército (1993-2018)

En el Perú se ha tenido una evolución dispareja del desarrollo de vial, en el periodo 1993 a 2006 se han realizado muchos proyectos, pero en otros periodos como en 2007 al 2012 los proyectos se han reducido, lo cual tiene una razón fundamental es que cuando el gobierno decide emplear a los Batallones Militares en el desarrollo vial esto se incrementa, que es lo que está sucediendo actualmente en el País. Sin embargo, han existido gobiernos en donde incluso se ha creado legislación con la finalidad de impedir que la Ingeniería Militar participe en el desarrollo vial. Es muy importante para el Ejército del Perú que el gobierno tenga una intención clara para emplear los Batallones de Ingeniería Militar como una herramienta para llevar desarrollo sobre todo a los pueblos más alejados del Perú.

En cifras desde el año 1993 hasta la actualidad el Ejército del Perú ha realizado la construcción de 586 km de carreteras, la rehabilitación de 7.047 km de carreteras,

el mejoramiento y conservación de 3.187 km de vías, el mantenimiento de 237 km de vías, la reparación de 14,7 km de calzadas y cunetas, la limpieza y descolmatación de 162.528 m³ de ríos, el asfaltado de 1.009 km de vías, la instalación de 109 puentes, la instalación de 6 waros, la habilitación urbana integral y construcción de 3,5 ha de viviendas unifamiliares de interés social una sola fuerza – Piura y la habilitación urbana de 3,5 ha.

Durante el 2021 se tienen firmados 9 convenios marco con distintos gobiernos regionales y de la misma manera se tienen firmados 37 convenios específicos con distintos gobiernos locales. Esto es importante porque para que un Batallón salga de su guarnición y se dirija a una zona a realizar trabajos debe estar enlazada con el sistema presupuestal de un gobierno regional o local, es importante aclarar que los presupuestos no son entregados directamente por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones al Ejército, el presupuesto es ejecutado por los gobiernos regionales y locales y son estos gobiernos quienes realizan los convenios con las Unidades de Ingeniería Militar para llevar a cabo el desarrollo de determinados proyectos.

5. Batallones de Ingeniería del Ejército

La concepción estratégica que tiene la defensa permite tener Batallones de Ingeniería en todo el territorio, la ubicación permite atender las necesidades de los gobiernos regionales y locales que se encuentran en la jurisdicción de cada uno de los Batallones de Ingeniería Militar. Para lo cual se cuenta con 12 Batallones de Ingeniería equipados con maquinaria y una donación de China con equipos PIP Torpedo, 8 Batallones que están en proceso de renovación del equipo mecánico y 6 unidades de asentamiento rural. El proceso de renovación se realiza en el Perú entre cada 15 a 17 años.

Las Unidades de Ingeniería poseen un canal administrativo y operacional para la defensa y son parte de las Grandes Unidades de Combate del Ejército con responsabilidad territorial en las Divisiones de Ejército a Nivel Nacional.

Existe un canal técnico para el desarrollo de obras de infraestructura vial con el Comando de Apoyo al Desarrollo Nacional de Ejército (COADNE), quien dirige y controla la ejecución de proyectos.

El equipamiento que posee los Batallones de Ingeniería Militar dispone de 97.152 horas maquina anuales por Batallón de Ingeniería. Esta es la disponibilidad de maquinaria que se pone a disposición de los gobiernos regionales o locales para que ellos puedan llevar a cabo los trabajos que se requieren.

Aproximadamente se requieren 400 horas maquinaria para la rehabilitación de 1 km de carretera a nivel afirmado, por lo cual la capacidad de un Batallón de Ingeniería permite en promedio la rehabilitación de 240 km al año. No obstante, esto no se realiza de manera permanente porque cuando termina un proyecto existe un tiempo administrativo para consolidar nuevos convenios.

6. Operativización de caminos vecinales

Para realizar las obras viales, se debe operativizar los caminos vecinales, para ello el gobierno regional o local firma un convenio específico con recursos para desarrollar determinado proyecto, una vez se materializa el convenio el gobierno regional o local asigna los recursos al Batallón de Ingeniería con el cual se ha firmado el convenio y así inicia la realización de estas obras.

Actualmente, es una política de Estado emplear toda la capacidad de Ingeniería Militar para poder contribuir al desarrollo nacional, el gobierno central mediante un convenio vigente entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Ministerio de Defensa firma un convenio específico que permite replantear los expedientes, retirando la renta, reduciendo los gastos generales y costos de maquinaria.

CONCLUSIÓN

La Ingeniería Militar participa en la construcción de carreteras desde el inicio de la República. Los trabajos realizados en infraestructura vial son los que tienen mayor impacto en las poblaciones de menor desarrollo. La ubicación estratégica de las Unidades de Ingeniería a nivel nacional, permite el empleo inmediato abarcando todo el territorio nacional.

La participación de la Ingeniería Militar, permite la presencia del estado en los lugares alejados y mejora la imagen institucional. Los trabajos de las Unidades de Ingeniería, no colisionan con la empresa privada. Permite hacer sostenible las capacidades de la Ingeniería Militar en el tiempo.



PONENCIA

1.4. APORTES DE LA INGENIERÍA MILITAR DEL EJÉRCITO DE BRASIL AL DESARROLLO VIAL

Capitán **Daniel Ramalho Dantas Araujo**



PAÍS	BRASIL
NOMBRE	CT. DANIEL RAMALHO DANTAS ARAUJO
CARGO	DOCENTE INVITADO A LA ESMIC DEL EJÉRCITO DEL BRASIL

Oficial del Arma de Ingeniería de la Academia Militar de las Agujas Negras, Ingeniero de Fortificación y Construcción del Instituto Militar de Ingeniería – IME del Ejército de Brasil, Magíster en Sistemas Agroindustriales énfasis en Ingeniería de Recursos Hídricos de la Universidad Federal de Campina Grande, Postgrado Lato Sensu en Ciencias Militares en la Escuela de Mejoramiento de Oficiales del Ejército de Brasil. Curso de Tasación Inmobiliaria en el Directorio de Patrimonio Inmobiliario y Medio Ambiente del Ejército de Brasil, Curso de Gestión de la Actividad de Construcción (Centro de Instrucción de Ingeniería), Curso Escalador Militar – AMAN y Curso Combate en la Selva Amazónica.

MEMORIAS

La presente ponencia tiene como objetivo presentar la misión del Ejército de Brasil, el histórico de la Ingeniería Militar en Brasil, el acervo de las principales obras hechas por la Ingeniería Militar, la organización general de la Ingeniería Militar del Ejército, las obras actuales del Ejército de Brasil y la gestión de la construcción.

Sobre la base de la Constitución Federal de Brasil, el Ejército de Brasil tiene como acciones esenciales: defender la patria, garantizar la ley y el orden y garantizar los poderes constitucionales. Además, en leyes complementarias está la reglamentación de actividades relacionadas a: cooperación con desarrollo nacional, ayuda a la defensa civil, ejecución de obras y servicios de ingeniería. Entonces, de acuerdo con la legislación nacional de Brasil, es notable la preocupación de las autoridades en el empleo de la Ingeniería Militar en toda su capacidad de trabajo, sea en tiempos de paz o de guerra.

La historia de la Ingeniería Militar de Brasil tiene origen con los portugueses en el periodo colonial. Con el objetivo de garantizar el dominio del su territorio, los portugueses empiezan en el siglo XVI por construir fortificaciones, sobre todo en la costa y en los ríos navegables. Las obras forzaron que el conocimiento de la ingeniería llegase desde Portugal hacia Brasil, siguiendo con la instalación de una escuela de ingeniería en 1792 y en 1808 con la creación del Cuerpo de Ingenieros. En la Guerra de la Triple Alianza, 1865 hasta 1870, la Ingeniería Militar fue destacada por su participación en la construcción de una carretera decisiva en el combate, cuyo objetivo fue transponer “El Chaco”, sector del territorio de guerra de difícil acceso.

En la Segunda Guerra Mundial, la Ingeniería Militar de Brasil tuvo una participación importante con servicios de apertura en campos minados, construcción de carreteras, construcción y reparación de puentes, instalación de minas y trampas contra el enemigo, apoyo a la Infantería en misiones de combate, ejecución de reconocimientos, franqueos de cursos de agua, desobstrucción de túneles, distribución de agua, construcción de obstáculos, construcción de abrigos y distribución de correspondencia.

Después de la Segunda Guerra Mundial hasta la actualidad, la ingeniería pudo concentrar esfuerzos en el desarrollo de la infraestructura nacional y a la atención

permanente a desastres, sin nunca reducir sus esfuerzos en cumplir con su actividad fin de acuerdo con la necesidad de su nación. Además, la Ingeniería Militar de Brasil ha participado en misiones internacionales tales como: asistencia para desminado en Nicaragua, Ecuador y Perú (1993-2013), pacificación de Haití (2004-2017) y de 2006 hasta la actualidad con un equipo de monitores de desminado en Colombia.

El acervo de las principales obras hechas por la Ingeniería Militar de Brasil en toda su historia, son: 19.000 km de carreteras, 8.000 km de ferrocarriles, 48 aeropuertos, 65.000 puentes y viaductos, 50.000 m de túneles, 205 azudes y presas.

El símbolo de la Ingeniería Militar de Brasil es el Castillo Legendario. Su origen viene del Castillo de Almourol, ubicado en Tancos-Portugal, símbolo de la Ingeniería Militar portuguesa, origen de la Ingeniería del Ejército de Brasil.

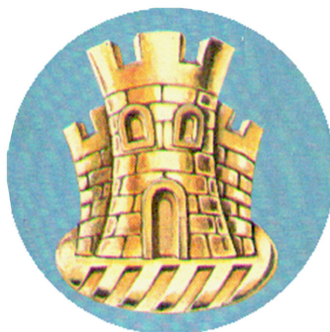


Figura 1. Castillo Legendario, símbolo de la Ingeniería Militar de Brasil

De manera general, la Ingeniería Militar de Brasil se divide en Arma de Ingeniería y en Cuadro de Ingenieros Militares. La primera relacionada con las actividades inherentes al combate y la segunda con la parte técnica de los servicios de ingeniería.

El Arma de Ingeniería desarrolla su trabajo y capacitación para el combate en los Batallones y Compañías de Combate, y el Cuadro de Ingenieros Militares, realiza sus servicios en las Comisiones y Servicios Regionales de Obras, donde son gerenciados los servicios de ingeniería relacionados al patrimonio inmobiliario del Ejército. Además de los cuarteles particulares de cada sector de la Ingeniería Militar, existen los Batallones de Ingeniería de Construcción, donde la Arma de Ingeniería y el Cuadro de Ingenieros Militares trabajan juntos con el objetivo de capacitar

sus militares para la actividad fin de la Ingeniería del Ejército a través de obras de infraestructura para desarrollo nacional.

Los Batallones de Ingeniería de Construcción están distribuidos por todo el territorio nacional, cada Batallón tiene sobre su responsabilidad una o más obras de infraestructura cuyo objetivo principal para el Ejército es de capacitación profesional y, para el país, el desarrollo de su infraestructura. El financiamiento general para estas obras es de responsabilidad de los cuerpos gubernamentales relacionados con infraestructura: DNIT para carreteras, INFRAERO, para aeropistas, VALEC, para ferrocarriles, gobierno de departamentos y alcaldías en general.

Los servicios de infraestructuras a cargo de los Batallones de Ingeniería de Construcción son ejecutados de forma directa, es decir, en una carretera, por ejemplo, se hace directamente: excavación, carga, transportes, esparcimiento de suelo, control de la humedad optima, compactación, mezcla en planta de asfalto, esparcimiento de asfalto, compactación del asfalto, señalización, servicios de topografía y el control tecnológico (ensayos de laboratorio).

Actualmente, el Ejército de Brasil tiene sobre su responsabilidad un presupuesto de \$700.000.000.000,00 pesos colombianos en obras de infraestructura por todo territorio nacional a cargo de los Batallones de Ingeniería de Construcción.

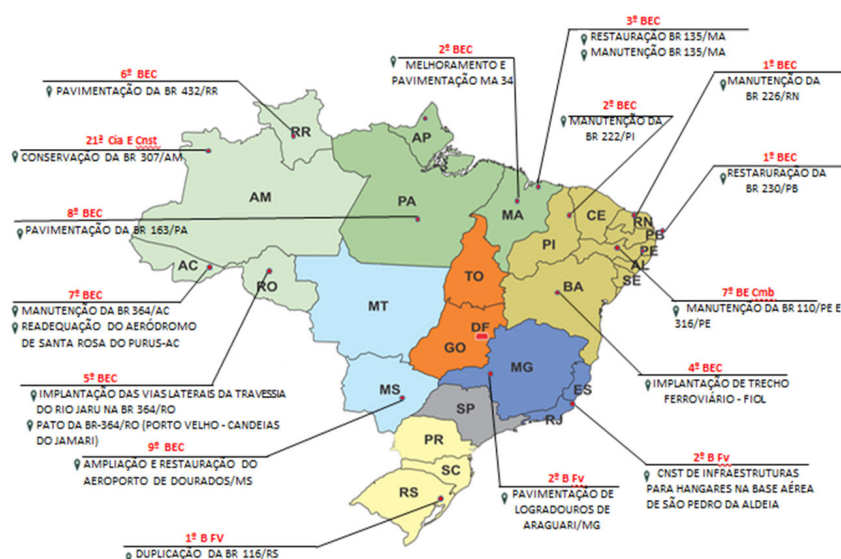


Figura 2. Obras actuales del Sistema de Ingeniería del Ejército de Brasil.

Para hacer la gestión de las obras, el Ejército cuenta con un software desarrollado por los ingenieros militares: el Sistema Informatizado de Obras de Cooperación (SIOC). La información sobre planeación y seguimiento de todas las obras están concentrados en el SIOC, de esta manera, la gestión de la construcción es hecha por cualquier interesado independientemente de su ubicación geográfica. Los datos son actualizados diariamente y en tiempo real se pueden verificar la situación de una actividad constructiva e interferir de acuerdo con la necesidad.

CONCLUSIÓN

La Ingeniería Militar del Ejército de Brasil está siempre preparada para las necesidades de su país. A través de la cooperación con el desarrollo nacional se prepara permanentemente para cumplir con sus actividades encomendadas.



PONENCIA

1.5. APORTES DE LOS INGENIEROS MILITARES DE ECUADOR AL DESARROLLO VIAL

Capitán Víctor Hugo Yépez Proaño



PAÍS	COLOMBIA
NOMBRE	CT. VICTOR HUGO YÉPEZ PROAÑO
CARGO	AUXILIAR TÉCNICO DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO DE ECUADOR

Licenciado en Ciencias Militares de la Escuela Politécnica del Ejército (Quito, Ecuador). Ingeniero Civil de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" (Quito, Ecuador). Curso de Derechos Humanos-Ejército Ecuatoriano. Diploma de Manejo de Conflictos - Global Mindset – Latitude. Curso de Derecho Internacional Humanitario ONU.

MEMORIAS

1. Introducción

La guerra es la continuación de la política por otros medios, en otras palabras, los Ejércitos en la historia contribuyen a lograr los objetivos de sus defendidos, mediante la planificación estratégica nacional para expandirse, obtener recursos, transportar abastecimiento o gobernar. Consecuentemente, el empleo de las Fuerzas Armadas con todos sus recursos tiene como fin contribuir al desarrollo y seguridad del Estado. La Red de Seguridad y Defensa de América Latina, en el Atlas Comparativo de la Defensa en América Latina y Caribe, observa que no todos los países tienen una expresión de responsabilidad jurídica en lo relacionado al Desarrollo Nacional. Sin embargo, las Fuerzas Armadas tienen un protagonismo permanente y recurrente en este ámbito, ya que el poder militar es una parte constitutiva del Poder Nacional.

2. Misión de la Ingeniería Militar

El Manual de empleo del Arma de Ingeniería en apoyo a las operaciones militares del Ejército del Ecuador, menciona que el Sistema Operativo de la Ingeniería ejecuta operaciones de: movilidad (apertura de brechas, cruce de obstáculos naturales, rutas de combate/infiltración, apoyo avanzado a la aviación), contra movilidad (obstáculos tácticos, obstáculos protectivos, demoliciones), supervivencia (posiciones de combate, refugios protectivos, engaño táctico, posiciones simuladas y camuflaje), ingeniería en general (construcción reparación, mantenimiento de líneas de comunicaciones, instalaciones de apoyo logístico, reparación de infraestructura crítica, producción de materiales de construcción) e ingeniería geográfica (análisis del terreno, información geográfica, topografía de precisión). Es importante mencionar que dichas operaciones son desarrolladas en tiempos de paz y en acciones de guerra, ya que los trabajos de ingeniería participan de forma permanente en la dinámica del Estado.

3. Ingeniería militar histórica

Las vías antes de 1492 en el Ecuador, se componían principalmente por la red vial del Tahuantinsuyo, llamado también Qhapaq Ñan o Inka naani en quichua, el mismo que estaba compuesto por una malla de caminos cuya longitud alcanzaba más de 30.000 kilómetros. Para los Incas, la guerra era algo común, por lo tanto,

las campañas militares tenían como objetivos mantener el control de las rutas comerciales y de tributos, realizar incursiones para tomar prisioneros y escalar la guerra hasta alcanzar la destrucción completa de un estado enemigo.

En América Meridional, se funda la Academia de Geometría y Fortificación de Caracas, que funcionó entre 1760 y 1768 y más tarde la Escuela de Ingeniería Militar de Cumaná creada en 1808, esta última a la que asistió el Mariscal Antonio José de Sucre, insigne ingeniero militar del Ejército Libertador que luchó en territorio ecuatoriano. Una característica del periodo colonial, es que los asentamientos ocupan sitios de las culturas prehispánicas y emplean los mismos caminos existentes para unirlos, prácticamente no existe un desarrollo vial.

La vialidad americana en la independencia tiene su pivote el 10 de agosto de 1809, en Quito, el mismo que encendió el espíritu de Bolívar y San Martín para iniciar sus operaciones desde el norte y el sur de la América Hispana. En 1821, el Mariscal Antonio José de Sucre, abre la ruta que unía la costa y el austro ecuatoriana, hasta llegar a las breñas del Pichincha, mejorando las rutas para las campañas libertarias y creando rutas nuevas para el engaño de las Fuerzas Españolas.

La formación de la República del Ecuador se solemniza el 13 de mayo de 1830, la misma que establece contar con un el Ejército organizado. En lo que respecta a la Ingeniería Militar, su creación se realiza en 1902, y se fortalece con la Misión Italiana que promueve la creación de la Escuela Especial de Oficiales de Ingeniería en 1922, la misma que posteriormente será transformada en Escuela Politécnica del Ejército y en 1977 abrirá sus puertas a estudiantes civiles, la misma que actualmente la conforma la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Con estos antecedentes, se logra la organización de los cuadros de ingenieros en el Ejército y con ello el desarrollo de la Doctrina Militar, consolidado con la creación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército (C.E.E) en 1968, cuya misión será de apoyar a las operaciones militares y a las acciones del Estado en el desarrollo nacional.

4. Vialidad ecuatoriana contemporánea

Ejemplo de la acción militar en apoyo a la vialidad del Ecuador, es la que, a finales del siglo XIX, por disposición suprema del General Eloy Alfaro otorga la misión al Batallón de Ingenieros "CÓRDOVA" para la construcción del ferrocarril ecuatoriano, llamado EL TREN "MÁS DIFÍCIL DEL MUNDO".

El Cuerpo de Ingenieros del Ejército ha construido más de 3.300 km de vías y más de 100 km de vía férrea, lo cual constituye el 70% de vías del País, como se observa en la figura, los corredores en color rojo en todo el territorio nacional.



En lo que respecta a los puentes, se tiene un espectro amplio de ellos como: Puentes Balao Grande, Balao Chico, Tenguel, Río Siete, Parayacu, Lumbaqui, Baeza, Uzhupud, Tigre, Reventador, Aguarico, entre otros. Puente modular de estructura metálica sobre el Río Paute más de 60 m sin pilas intermedias (1981), puente sobre el Río Upano en Macas (1998), puente Manuel Serrano en Machala, puente sobre el Estuario del Río Esmeraldas, puente los Caras en Manabí (2 km. de extensión). Este último constituye un antes y un después en la ingeniería estructural del Ecuador, ya que su diseño basado en desempeño, permitió mantener la funcionalidad continua durante y después del terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016 con un epicentro cercano al puente, mediante el uso de aisladores sísmicos, sincronizadores de movimiento y juntas sísmicas.

5. Ingeniería vial en combate

Existe una gran diferencia al ejecutar trabajos de ingeniería vial y operaciones militares de construcción vial, ya que en la segunda se tiene la amenaza de una

acción de combate. Durante la Guerra del Cenepa, ocurrida en 1995 se construyeron las vías: Limón Banderas, cuya ruta sirvió de acceso de las tropas al área de combate, vía Tundaime - Cóndor Mirador para el ingreso de la artillería y el Helipuerto "Montufar".

El C.E.E también ha participado en misiones de apoyo humanitario en Haití, Cuba y Granadinas, construyendo vías, accesos y escuelas en Haití; 645 unidades habitacionales en Cuba; y un puente de gran luz en Granadinas.

CONCLUSIÓN

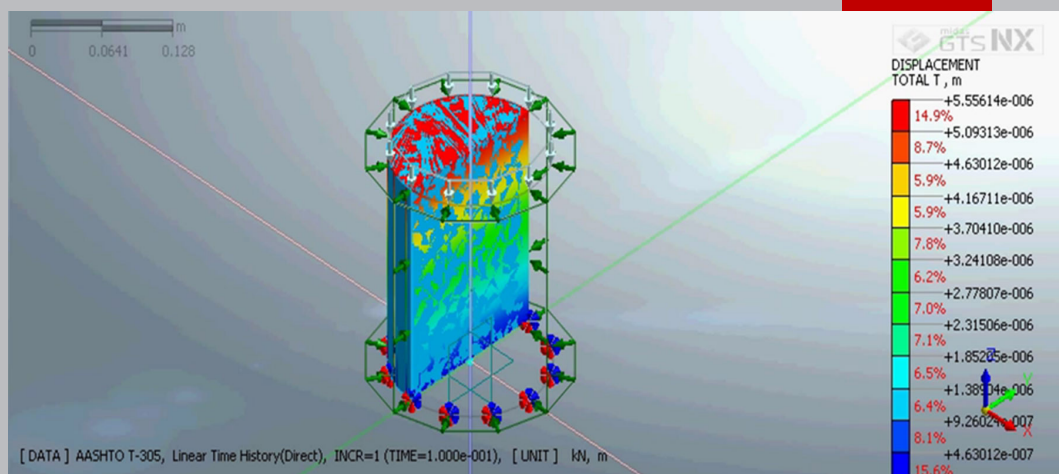
Como se observa, la primera arista de apoyo al desarrollo lo constituye la Universidad Militar y en segundo lugar las operaciones activas del Cuerpo de Ingenieros del Ejército. Los principales aportes que realizan las Fuerzas Armadas, en el contexto del desarrollo vial, es difundir los valores cívico-militares, a la vez que obedece a un imperativo de mantenerse a la vanguardia de la tecnología y de esta manera contribuir con la tecnificación en la sociedad para ser el ente regulador de la construcción en el Estado.

Estos aspectos se evidencian en la Ingeniería Militar desde tiempos precolombinos hasta el presente. Finalmente, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército del Ecuador cumple su premisa: "Nos preparamos para la guerra, trabajando por la paz" de forma permanente en todo el territorio nacional con aproximadamente el 70% de las vías construidas y con estructuras que representan puntos de inflexión para la ingeniería del Ecuador, como el Puente "Los Caras".



Capítulo 2.

APORTES TÉCNICOS PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS



PONENCIA

2.1. EVALUACIÓN MECÁNICA DE MATERIALES GRANULARES PARA VÍAS DE BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Mayor **Jhon Fredy Rincón Morantes**



PAÍS	COLOMBIA
NOMBRE	MY. JHON FREDY RINCÓN MORANTES
CARGO	DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA MILITAR DE CADETES "GENERAL JOSÉ MARÍA CÓRDOVA" - ESMIC

Ingeniero Civil de la Universidad Militar Nueva Granada, Especialista en Diseño y Construcción de Vías y Aeropistas de la Escuela de Ingenieros Militares, Magister en Infraestructura Vial de la Universidad Santo Tomás, Candidato a Doctor en Ciencias Aplicadas de la Universidad Militar Nueva Granada en el área de pavimentos. Actualmente, es el Decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la ESMIC y Jefe de los Centros de Investigación del Departamento de I+D+i de la ESMIC.

MEMORIAS

El desarrollo de un país está estrechamente relacionado con el estado de la infraestructura vial, y sobre todo el de aquellas carreteras que sirven para extraer los productos de las principales despensas rurales. Éstas se denominan como vías de bajos volúmenes de tránsito (VBVT); las cuales son principalmente construidas con materiales granulares no ligados (MGNLs). Una adecuada y duradera construcción permite una integración regional, nacional e internacional, para el desarrollo e igualdad del país.

Uno de los aspectos importantes para analizar es el económico, ya que los costos asociados con el transporte de materiales para carreteras, pueden afectar hasta en un 50% los costos directos de un proyecto de obra civil (Hilario Teodoro, 2018). Se ha analizado que, el transporte más allá de 20 km de los MGNLs tiene un costo superior al a la subbase o base granular (INVIAS, 2019). Por lo anterior, se hace necesario formular nuevos métodos para evaluar la competencia de MGNLs locales, que logren un adecuado desempeño ante las cargas dinámicas, frecuencias del tránsito y duración (Bullen, 2003).

El Instituto Nacional de Vías (INVIAS) definió que, para construir, mejorar o mantener las VBVT se deben emplear los materiales estandarizados en las “Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras” (INVIAS, 2013). De lo anterior, se evidenció que no se contemplaron materiales marginales o degradados. Por tanto, faltan requisitos o métodos de caracterización de materiales que tengan en cuenta cargas dinámicas, ya que está limitado al cumplimiento de parámetros de resistencia (i.e. carga monotónica).

En el ámbito nacional, hay investigaciones como las de Caicedo *et al.* (2009), Coronado *et al.* (2011, 2016); que estudiaron la degradación, el índice de plasticidad (IP) y el contenido de finos en materiales granulares marginales (MGMs), entendiéndolos como aquellos materiales que no cumplen alguna especificación; estableciendo que tienen un potencial uso en las capas del pavimento.

El estudio del comportamiento mecánico de MGMs de tipo subbase y base, puede ayudar a comprender la respuesta ante esfuerzos dinámicos o cíclicos, de tal manera que se pueden plantear procesos constructivos o nuevas especificaciones,

que respondan a las necesidades propias de una de VBVT. Lo anterior, con el fin de utilizar afirmados, subbases y bases granulares de tipo marginal para que no se dispongan en zonas inadecuadas, evitando que se generen impactos ambientales y mayores costos por acarreos de grandes distancias.

Actualmente para evaluar mecánicamente los MGNLs se emplean ensayos de tipo monotónicos y dinámicos. A continuación, se hará un breve resumen de los ensayos convencionales y otros con potencial uso sobre materiales granulares.

1. Ensayos mecánicos monotónicos

El ensayo con mayor aplicabilidad en los diseños de pavimentos es el California Bearing Ratio (CBR), que se basa en la penetración de un pistón y la medición de la fuerza requerida para llegar a un desplazamiento de 2.54 mm o 5.04 mm. El resultado es relacionado con la resistencia de un material estandarizado, indicando una proporción respecto a dicho material. Otros ensayos mecánicos monotónicos utilizados para evaluar MGNLs son, la resistencia a la compresión no confinada y el triaxial estático; los cuales buscan hallar el máximo esfuerzo compresivo que pueden soportar las probetas. El uno difiere del otro por las condiciones de confinamiento, ya que en el triaxial se pueden simular las presiones laterales a las que se encuentran en el terreno, mientras el otro no se aplica confinamiento.

Por ejemplo, la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), en su guía de diseño de estructuras de pavimento de 1993 (AASHTO, 1993), recomienda una correlación para estimar el módulo elástico (E) de cualquier tipo de material a partir de la resistencia a la compresión no confinada (f'_c), desarrollada por el Instituto Americano del Concreto, así:

$$E \text{ (psi)} = 57,000 (f'_c)^{0.5} \quad (1)$$

Este tipo de ensayos tienen un potencial uso para estimar otras propiedades de los materiales para pavimentos, por su bajo costo y sencillez en sus protocolos. Por ejemplo, Camargo *et al.* (2013), encontraron correlaciones entre la resistencia a la compresión no confinada (Q_u) y el módulo resiliente (Mr), e inclusive con el CBR para base estabilizadas con cenizas volantes (ecuaciones 2 y 3).

$$Mr \text{ (MPa)} = 3.45 Q_u - 481 \quad (2)$$

$$Q_u = 10.8 CBR - 421 \quad (3)$$

Donde:

M_r : Módulo resiliente (MPa)

Q_u : Resistencia a la compresión (kPa)

Otro ensayo que puede tener un potencial uso en los MGNLs es el de tracción indirecta, propio de las mezclas asfálticas, especificado en la norma de ensayo INV E 725-13 "Evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas de concreto asfáltico utilizando la prueba de tracción indirecta". Este ensayo busca principalmente hallar la resistencia a la tensión diametral de una probeta de ensayo. Dicha resistencia a la tensión es calculada mediante la Ecuación 4 (INVIAS, 2013).

$$R_T = \frac{2000 P}{\pi h D} \quad (4)$$

Donde:

R_T : Resistencia a la tensión (kPa)

P : Carga máxima (N)

h : Altura del espécimen (mm)

D : Diámetro del espécimen (mm)

Paul *et al.* (2010, 2016) desarrollaron investigaciones con el ensayo de tracción indirecta en materiales granulares ligeramente estabilizados con cemento y ceniza volante, de esta prueba lograron hallar la resistencia a la tensión, la relación de Poisson y el módulo de rigidez (ecuación 5).

$$S_m = 1000 \frac{P(\nu + 0.27)}{h \delta_m} \quad (5)$$

S_m : Módulo de rigidez estático (MPa)

P : Carga máxima (kN)

δ_m : Deformación por tracción horizontal (mm)

ν : Relación de Poisson

h : Altura del espécimen (mm)

2. Ensayos mecánicos dinámicos

Los métodos de diseño de pavimentos flexibles racionales tienen en parámetros elásticos y plásticos de los materiales de la estructura. De allí que se pueda dimensionar espesores para que las capas en el rango elástico se logren la de disipación

de esfuerzos y deformaciones, por el contrario, en el rango plástico se minimice los daños antes de la falla del material. Por lo anterior, se desarrolló el ensayo de triaxial dinámico, como un método para determinar y cuantificar experimentalmente el comportamiento resiliente de los MGNLs Coronado *et al.* (2011).

El ensayo de módulo resiliente (Mr) en los materiales granulares demuestra que tienen una deformación recuperable (ϵ_r), y otra permanente (ϵ_p). El Mr es la relación entre un esfuerzo desviador cíclico (σ_d) y la deformación resiliente medida. En la Figura 1 se ilustra los esfuerzos a los que está sometido una probeta en el ensayo, el esfuerzo axial total (σ_1) producto de la suma del con el esfuerzo de confinamiento estático (σ_3), y la presión de confinamiento ($\sigma_2 = \sigma_3$).

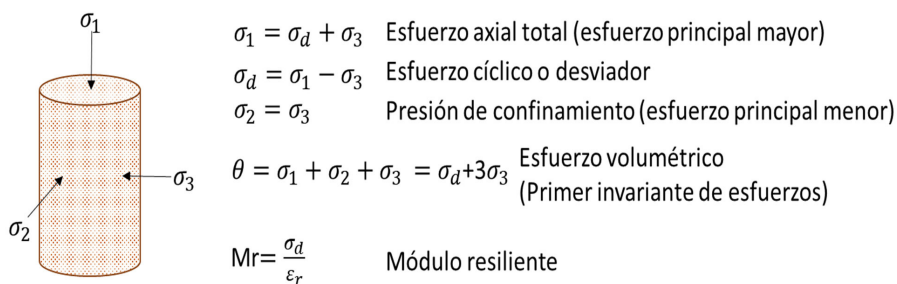


Figura 1. Concepto de estados de esfuerzo para ensayos de módulo resiliente.

El ensayo de módulo resiliente es un ensayo complejo de realizar en materiales granulares no ligados, debido a que se requiere de equipos especializados y por tanto costosos, montajes de muestras de ensayo cuidadosos y experticia en los protocolos de ensayo a realizar. Por ello, varios investigadores han propuesto la modificación del ensayo de CBR, que determina la capacidad de soporte de un material de suelo. El ensayo de CBR cíclico (cCBR por sus siglas en inglés cyclic CBR) o de cargas repetidas (RLCBR por sus siglas Repeated Load CBR) emula el protocolo de ensayo del módulo resiliente. Se diferencian entre sí, por las condiciones de confinamiento de la muestra; ya que están dadas por el molde convencional y las sobrecargas que se instalan en la parte superior de la muestra del ensayo de CBR.

En los últimos diez años se han desarrollado varias investigaciones alrededor de este ensayo dinámico. Los inicios de la adaptación del CBR dinámico se le atribuye

yen a Araya *et al.* (2010a, 2010b) y Araya (2011, 2014). A partir de este ensayo se han creado expresiones matemáticas para establecer un módulo resiliente equivalente; así como también se han desarrollado correlaciones con parámetros como el *Mr*.

CONCLUSIÓN

Del estudio realizado se pudo establecer las siguientes conclusiones:

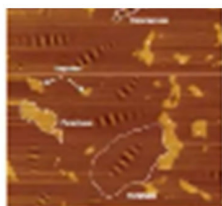
Los materiales granulares no ligados (MGNLs) pueden ser evaluados con ensayos monotónicos convencionales como el CBR, pero adicionalmente se pueden usar otros ensayos como la compresión simple y la resistencia a la tracción indirecta. La revisión del estado del arte sugiere que se utilizar otros parámetros para evaluar la competencia de los MGNLs, como la resistencia a la tensión y el módulo de rigidez estático derivados de los protocolos de ensayo no convencionales.

Así mismo, se evidencia que el ensayo de triaxial dinámico para hallar el módulo resiliente de los MGNLs, es un protocolo complejo desde el punto de vista de los equipos que se requieren, como también del montaje de la muestra. Sin embargo, es la metodología que mejor simula las condiciones externas a las que se ve enfrentado una estructura de pavimento, por lo cual se convierte en la metodología más apta para evaluar el desempeño de los materiales.

De lo anterior, se abre una discusión alrededor de la complejidad del protocolo y del costo de los equipos. Por lo cual, en la actualidad varios investigadores intentan aprovechar el montaje del ensayo convencional de CBR para emular cargas dinámicas. Allí se abre una ventana de oportunidad, para encontrar el mejor protocolo de ensayo que logre evaluar el desempeño de los MGNLs.

REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). Guide for design of pavement structures. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Araya, A. (2011). Characterization of unbound granular materials for pavements. Tesis de doctorado, Delft University of Technology, Delft, Países Bajos.
- Araya, A. (2014). Simplified characterization techniques for (sub) tropical base materials and modelling. *International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*, 2(1)92-106.
- Araya, A., Molenaar, A., Houben, L. (2010). A realistic method of characterizing granular materials for low-cost road pavements. 11th International Conference on Asphalt Pavements.
- Araya, A., Molenaar, A., Houben, L. (2010). Characterization of unbound granular materials using repeated load CBR and triaxial testing. *GeoShanghai International Conference: Paving Materials and Pavement Analysis*, 1(1):355-363.
- Bullen, F. (2003). Design and construction of Low-Cost, Low-Volume roads in Australia. *Transportation Research Record*, 1819(1):173-179.
- Caicedo, B., Coronado, O., Fleureau, J., Gomes-Correia, A. (2009). Resilient behaviour of non-standard unbound granular materials. *Road Materials and Pavement Design*, 10(2):287-312.
- Camargo, F., Wen, H., Edil, T., Son, Y. (2013). Comparative assessment of crushed aggregates and bound/unbound recycled asphalt pavement as base materials. *International Journal of Pavement Engineering*, 14(3):223-230.
- Coronado, O., Caicedo, B., Taibi, S., Gomes-Correia, A., Fleureau, J. (2011). A macro geomechanical approach to rank non-standard unbound granular materials for pavements. *Engineering Geology*, 119(1-2):64-73.
- Coronado, O., Caicedo, B., Taibi, S., Gomes-Correia, A., Souli, H., Fleureau, J. (2016). Effect of water content on the resilient behavior of non-standard unbound granular materials. *Transportation Geotechnics*, 7:29-39.
- Hilario-Teodoro, H.M. (2018). Análisis del transporte de materiales en obras viales. Tesis de Maestría, Universidad de Piura, Lima, Perú.
- INVIAS. (2013). Especificaciones Generales de construcción de carreteras. Instituto Nacional de Vías.
- INVIAS. (2019). Análisis de Precios Unitarios de referencia. Instituto Nacional de Vías.
- Paul, D., Gnanendran, C. (2010). Comparison of stiffness modulus of lightly stabilized granular materials determined from IDT testing and APT testing. *Bangladesh Geotechnical Conference*.
- Paul, D., Gnanendran, C., Alam, M. (2016). A new indirect tensile testing setup to determine stiffness properties of lightly stabilised granular materials. *Proceedings of the 5th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterisation*, páginas 689-694.



PONENCIA

2.2. OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD DE ADHESIÓN DE INTERFASES ASFALTO-AGREGADO

PhD. Allex Eduardo Álvarez Lugo

Ing. Lady Dayana Vega Rodríguez



PAÍS	COLOMBIA
NOMBRE	PhD. ALLEX EDUARDO ÁLVAREZ LUGO
CARGO	PROFESOR TITULAR UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia, Magister en Ingeniería Civil énfasis en Infraestructura Vial de la Universidad de los Andes, Doctor en Materiales énfasis en Pavimentos de Texas A&M University, College Station.

PAÍS	COLOMBIA
NOMBRE	ING. LADY DAYANA VEGA RODRÍGUEZ
CARGO	ESTUDIANTE DE MAESTRÍA UNIVERSIDAD DE SÃO PAULO

Ingeniera Civil de la Universidad Industrial de Santander, Estudiante de Maestría de la Escola de Engenharia de São Carlos, Universidad de São Paulo, São Carlos, Brasil.

MEMORIAS

La resistencia y durabilidad de las mezclas asfálticas de pavimentación dependen en gran medida de la calidad de la adhesión desarrollada en las interfases de sus elementos constitutivos, entre los cuales se incluyen el ligante asfáltico, agregados gruesos, llenante mineral, y modificadores empleados para mejorar tanto las características como el desempeño de los asfaltos y las mezclas asfálticas. Esta inclusión de diversos modificadores genera cambios tanto en la interacción de las interfases asfalto-agregado, como en las propiedades de las mezclas asfálticas y su desempeño.

No obstante, aún se encuentra vigente la necesidad de identificar y aplicar criterios técnicos sólidos para determinar la dosificación de modificadores más adecuada para la fabricación de mezclas asfálticas. A partir de esta necesidad, se desarrolló investigación tendiente a profundizar en el análisis de datos de parámetros de energía - derivados de componentes de energía superficial libre (ESL) de agregados y ligantes asfálticos - para determinar cantidades óptimas de modificadores que permitan mejorar la calidad de la adhesión de las interfases ligante asfáltico-agregado. Para este propósito, se evaluaron másticos (mezclas asfalto-llenante mineral), cementos asfálticos con adición de modificadores tipo mezcla asfáltica tibia, y asfaltos residuales obtenidos de crudos pesados de pavimentación. Adicionalmente, se emplearon tres agregados provenientes de diversas fuentes colombianas de material granular y tres asfaltos diferentes (clasificados como asfaltos de penetración 60/70 1/10 mm) producidos en la refinería de Ecopetrol.

La ESL es la energía necesaria para crear una nueva unidad de superficie en condición de vacío; esta energía se puede expresar a partir de tres componentes, las cuales se pueden hallar en cada material por medio de ensayos de laboratorio. Específicamente, para determinar las componentes de ESL de los ligantes asfálticos se utilizó el método de la Placa de Wilhelmy, el cual se basa en determinar el ángulo de contacto entre el ligante asfáltico (i.e., película delgada de ligante fundida sobre una placa delgada de vidrio) y diferentes líquidos de prueba cuyas componentes de ESL son conocidas (Hefer *et al.* 2006). Por otro lado, para determinar las componentes de ESL de los agregados se utilizó el Dispositivo de Adsorción Universal, según el protocolo de ensayo propuesto por Bhasin y Little (2007).

Con estas componentes de ESL se evaluaron cuatro parámetros de energía, a partir de los cuales se realizó la determinación de posibles valores óptimos de contenido de modificador. Estos parámetros son: (i) trabajo de adhesión en seco (Wadh-seco), que es la energía necesaria para propagar una unidad de área (grieta) en la interfase entre dos materiales; (ii) trabajo de adhesión en húmedo (Wadh-húm), el cual permite cuantificar la susceptibilidad que tiene la interfase ligante asfáltico-agregado a la pérdida de adhesión; (iii) índice ER1, el cual es la relación del Wadhseco y el Wadh-húm, que permitió identificar interfases con adecuada resistencia a la fractura y al daño por humedad, y (iv) coeficiente de dispersión, SC, que fue utilizado para medir la capacidad de recubrimiento que tiene el ligante asfáltico sobre el agregado.

Por cuestiones de espacio, en esta ponencia se presentan en detalle los resultados de la optimización de la calidad de la adhesión de interfases mástico-agregado con la adición de los tres tipos de llenante mineral indicados en la Tabla 1. Sin embargo, estos resultados se vieron reflejados en las combinaciones agregado-ligante asfáltico restantes.

Tabla 1. Llenantes minerales empleados

Modificador	Convención	Descripción
Llenante mineral natural	F1	Grava, con predominio de arenisca y lutita
	F2	Grava, con predominio de margas y caliza
	F3	Diabasa y basalto

En la Figura 1 se puede observar que para cada llenante mineral existe una dosificación óptima de este material, con la que se optimiza la calidad de la adhesión. En el caso del trabajo de adhesión en seco, se consideran óptimos los valores máximos, pues estos valores altos están asociados a una mayor resistencia a la fractura.

Para estos máximos, si bien no son los mismos en cada tipo de llenante mineral, se pudo observar que todos los agregados generan las mismas tendencias. Para el caso del trabajo de adhesión en húmedo, esta calidad de adhesión óptima se ve reflejada por un valor absoluto mínimo del parámetro, el cual se asocia con una susceptibilidad mínima al daño por humedad en la interfase asfalto-agregado.

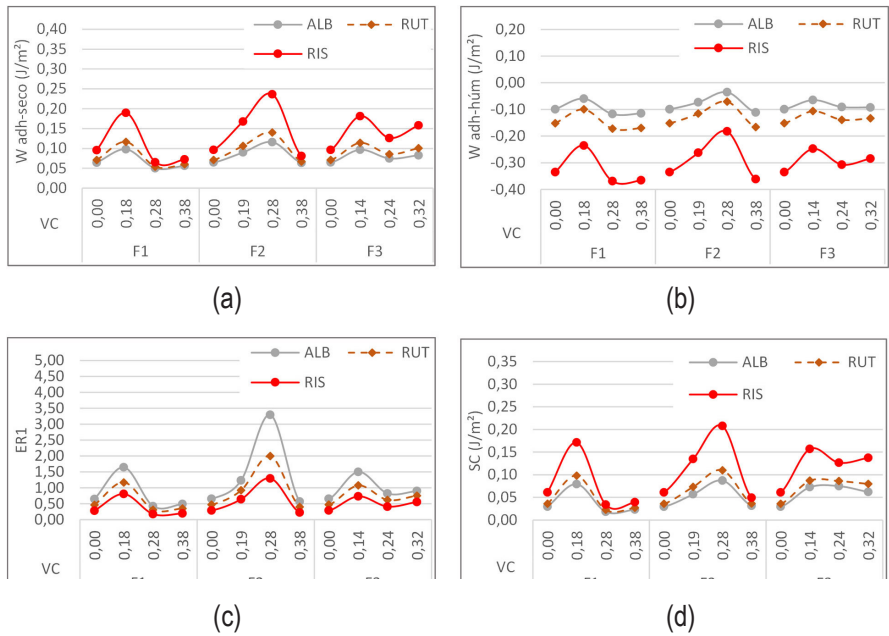


Figura 1. Parámetros de energía para interfaces mástico-agregado, incluyendo: a) trabajo de adhesión en seco, b) trabajo de adhesión en húmedo, c) índice ER1, y d) coeficiente de dispersión.

Para el índice ER1, la optimización de la calidad de adhesión se vio reflejada en valores altos de este parámetro, los cuales son indicativos de interfaces asfalto-agregado asociadas en conjunto a alta resistencia a la fractura y al daño por humedad. En estudios anteriores realizados por Bhasin *et al.* (2006), se concluyó que valores inferiores a 0.5 se asocian a mezclas asfálticas con alta susceptibilidad al daño por humedad, mientras que valores superiores a 1.5 se relacionan con mezclas de baja susceptibilidad al daño por humedad. Esto indica que el uso de un contenido óptimo de llenante mineral podría verse reflejado en el cambio de una mezcla con alta susceptibilidad al daño por humedad a una de baja susceptibilidad, como en el caso de la combinación llenante mineral 1-agregado ALB presentadas en la sección c de la Figura 1.

Por último, en el caso del coeficiente de dispersión, la optimización de la calidad de adhesión se reflejó en un valor máximo de este parámetro. Este parámetro es un indicador de la capacidad que posee el ligante asfáltico modificado con la adición de llenante mineral para humedecer o recubrir la superficie del agregado.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos sugieren que es posible emplear parámetros de energía - calculados con base en las componentes de ESL del ligante asfáltico y del agregado - para optimizar la calidad de la adhesión en las interfases asfalto-agregado en función de la dosificación y el tipo de modificador.

Estos modificadores y asfaltos analizados en conjunto, al presentar dosificaciones óptimas conllevan a mejoras significativas en la calidad de la adhesión de las interfases que se desarrollan en la mezcla asfáltica, que se reflejan en mayor resistencia a la fractura, menor susceptibilidad al daño por humedad, y mayor capacidad de recubrimiento del agregado por parte de los ligantes asfálticos. No obstante, aún es necesario adelantar investigación futura para validar que los resultados obtenidos al analizar las interfases ligante asfáltico-agregado se presentan también en las mezclas asfálticas.

REFERENCIAS

- Bhasin, A., Masad, E., Little, D., Lytton, R. (2006). Limits on adhesive bond energy for improved resistance of hot mix asphalt to moisture damage. Transportation Research Record, 1970, 3–13.
- Bhasin, A., Little, D. N. (2007). Characterization of aggregate surface energy using the universal sorption device. Journal of Materials in Civil Engineering, 19, 634–641.
- Hefer, A. W., Bhasin, A., Little, D. N. (2006). Bitumen surface energy characterization using a contact angle approach. Journal of Materials in Civil Engineering, 18(6): 759-767.



Control cargas



Eje sencillo o Tandem

PONENCIA

2.3. ENSAYOS ACELERADOS EN PAVIMENTOS "MATERIALES ALTERNATIVOS PARA LA RED DE BAJOS VOLÚMENES DE TRÁFICO EN COLOMBIA

PhD. Oscar Javier Reyes Ortiz



PAÍS	COLOMBIA
NOMBRE	PhD. OSCAR JAVIER REYES ORTIZ
CARGO	PROFESOR TITULAR UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

Ingeniero Civil de la Universidad de los Andes, Magister en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, Especialista en Finanzas de la Universidad del Rosario, Doctor en Infraestructuras del Transporte y Ordenación del Territorio de la Universidad Politécnica de Cataluña. Actualmente Profesor Titular y director del Grupo de Investigación en Geotecnia de la Universidad Militar Nueva Granada.

MEMORIAS

Los ensayos acelerados en pavimentos (APT) son utilizados para determinar el desempeño de una estructura de pavimento en un tiempo reducido para de esta manera evaluar nuevos materiales, procesos constructivos, validar especificaciones y calibrar modelos de diseño.

Los APT se han realizado desde hace mucho tiempo, en 1912 las empresas de concreto comenzaron a desarrollar estos ensayos por el crecimiento de la industria automotriz a nivel mundial y desde allí surgió la necesidad de realizar APT para determinar el comportamiento de materiales, validar especificaciones o calibrar modelos o desarrollos en la tecnología de ingeniería de pavimentos (Anon, 1912).

En 1984 se comenzó a realizar APT a escala real en el Laboratorio Central de Puentes y Carreteras (LCPC) de Francia y posteriormente en Estados Unidos se crearon simuladores de vehículos pesados (HVS).

En Colombia desde hace 20 años la Universidad de los Andes cuenta con un equipo para realizar APT, la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG) hace aproximadamente 9 años se desarrolló un equipo APT a escala real y la Universidad Javeriana hace un año. El equipo de la UMNG fue desarrollado para investigar especialmente problemáticas asociadas a materiales marginales, modificación de bases y subbases granulares, empleo de asfalto natural (asfaltitas), medición de ruido, problemas de frenado o arranque de vehículos y capas de rodadura en concreto hidráulico o flexible, brindando alternativas de investigación no solamente sobre los efectos del material y el clima, sino comportamiento propios del flujo vehicular como las cargas, frenado entre otras variables (Moreno y Caicedo, 2008; Reyes *et al.*, 2014).

El equipo de APT de la UMNG se desarrolló con el objetivo de aportar en el conocimiento del desempeño de pavimentos la red de vías de bajos volúmenes de tráfico, las cuales son importantes porque conectan la región rural agrícola del País a los centros urbanos. Si no se cuenta con conocimientos sólidos para la construcción de este tipo de vías los productos serán más costos. Adicionalmente, el equipo se desarrolló para buscar nuevos materiales alternativos o materiales en los cuales en el País no se ha profundizado en el conocimiento como los crudos pesados, las asfaltitas, materiales de bases y subbases granulares que tienen baja resistencia a la capacidad de soporte.

El equipo de APT simula lo que sucede en las vías de América Latina por ejemplo los vehículos de transporte de mercancía no controlan sus cargas transportando cargas muy pesadas, por lo cual el equipo permite modificar las cargas para simular este efecto. El equipo tiene la capacidad de realizar mediciones de ruido entre otras múltiples variables que permite avanzar en el estado de conocimiento de cualquiera de las capas que conforman una estructura de pavimento.

La red vial de Colombia está compuesta por 206.708 km, de los cuales 142.284 km la conforman las vías de bajos volúmenes de tráfico (69%). El 65% de ésta red está en estado malo o regular. Buscar soluciones técnica, ambiental y económicamente viables es una gran necesidad, más aún cuando las características de los materiales granulares no son adecuadas o los costos asociados al acarreo de los mismos es casi igual al costo del material (INVIAS, 2021).

En Colombia se cuenta con múltiples minas de asfaltitas, por ejemplo se puede resaltar las minas que se encuentran en Pavas-Caquetá, San Pedro-Tolima, Río Negro-Santander, Pesca-Boyacá y Norcasia-Caldas. Estas minas se han aprovechado muy poco pudiéndose considerar como una alternativa dentro de la infraestructura vial del País siendo posiblemente ambientalmente sostenibles y más económicas.

Los materiales granulares del País en muchas ocasiones tienen grandes contenidos de material fino arcilloso, lo cual genera en la infraestructura vial grandes deformaciones y por ende daños del pavimento y costos elevados de la construcción y mantenimiento de las vías.

En esta ponencia se presentan dos ejemplos de proyectos de investigación. El primer proyecto se realizó en alianza con la Unión Europea entre la UMNG, la Universidad de Porto, la Universidad de Granda y la Empresa Mota-Engil, en el cual se estudió materiales marginales. El material de estudio es catalogado como marginal porque las propiedades solicitadas en las especificaciones para subbases granulares (límites, equivalente de arena, C.B.R, módulo resiliente) entre otras, no cumplen con la normatividad vigente (Camacho-Tauta *et al.*, 2016).

Bajo estas características se buscó un material alternativo de desecho que ayudara a mejorar este material marginal. Sin embargo, surge la pregunta de cómo se debe estabilizar el material marginal, para ello se consideró emplear en el proyecto ceniza volante. En este proyecto se caracterizaron las propiedades físicas y químicas

cas del material de ceniza volante de Termopaipa IV, se realizaron ensayos proctor variando múltiples porcentajes del material granular con relación a la ceniza volante (5, 10, 20 y 30%) y ensayos de módulo resiliente. Como resultado del laboratorio se obtuvo como porcentaje óptimo de ceniza volante (10%) que incrementa la resistencia aproximadamente en 45% (MR, compresión, C.B.R, límites) (Camacho-Tauta *et al.*, 2016).

Posteriormente, se realizó un ensayo APT para verificar si los resultados obtenidos en laboratorio se pueden reproducir en escala real. Para esto se realizó una mezcla de agua más silicato de sodio e hidróxido de sodio, posteriormente mediante la misma maquinaria que se emplea en obra se realizó la mezcla del material granular con la ceniza volante (fabricación de bases tratadas con geopolímeros). Esta mezcla se llevó a un proceso constructivo donde se realiza la construcción de una vía en dos tramos a escala real uno con solo material granular y el otro con material granular más ceniza volante, en el cual se desarrollaron diferentes procesos de compactación de acuerdo con los resultados de laboratorio.

Una vez construida la vía se realizó verificación de densidades en terreno y humedad. Posteriormente, se tomaron puntos de control para establecer el comportamiento de la estructura de pavimento. La estructura de pavimento se ensayó con el equipo de APT de la UMNG con carga por eje de 11 toneladas a velocidad de 5 km/h. Durante el ensayo APT se monitoreó las condiciones climatológicas del lugar como la temperatura ambiente, lluvia, humedad y radiación solar.

Como resultado se obtuvo las deflexiones de la estructura de pavimento, obteniéndose tres zonas, una zona inicial en periodo seco, una zona con cambios acelerados en época de lluvias y otra zona cuando el material está en periodo seco nuevamente. Los resultados mostraron que el material con ceniza volante en periodo seco se comporta mejor que el material virgen. Sin embargo, en periodo de lluvias cambia el comportamiento donde el material virgen se comporta mejor que el material con ceniza volante.

Por lo cual para materiales estabilizados con ceniza volante se recomienda realizar su proceso constructivo durante periodo seco para mejorar la resistencia de la estructura de pavimento.

El segundo proyecto se realizó con asfaltitas donde se realizó una caracterización del contenido de asfalto natural de una mina del Caquetá que emplea el Ejército

Nacional para construcción de vías en la región, se comparó la curva granulométrica de la norma INVIAS y el material propio de cantera y se compararon curvas de compactación de mezclas en frío y en caliente.

Los resultados de laboratorio mostraron que para mezclas frías se requiere un mayor nivel de energía de compactación con respecto a las mezclas en caliente. En las mezclas frías se ahorra consumo de combustible para calentar la mezcla pero se requiere mayor uso de maquinaria para compactación, mientras que en mezclas calientes es lo contrario. Los resultados también mostraron que las mezclas en frío fueron mejores que las mezclas calientes para el ensayo de módulo resiliente. Con el material de asfaltita se construyó una estructura de pavimento para ensayarlo a escala real con el equipo APT de la UMNG (Reyes *et al.*, 2019).

CONCLUSIÓN

De las investigaciones desarrolladas se pueden establecer las siguientes conclusiones:

El empleo de ensayos acelerados en pavimentos (APT) es una herramienta que permite determinar adecuadamente el comportamiento de una estructura de pavimento y establecer claramente su desempeño, involucrando los efectos climatológicos y de carga.

La base granular marginal modificada con ceniza volante en laboratorio presentó un desempeño muy superior a la base natural (45%). Sin embargo, en los ensayos reales se evidenció que factores climatológicos y de carga, generan comportamientos muy diferentes.

La construcción de capas de rodadura en frío con asfaltitas es más favorable sin modificar su curva granulométrica y ejerciendo una energía de compactación elevada.

REFERENCIAS

- Anon. (1912). Concrete-Cement Age - Concrete: A superior pavement under hard traffic.
- Camacho-Tauta, J., Reyes, O., Viana da Fonseca, A., Rios, S., Cruz, N., Rodrigues, C. (2016). Ful-scale evaluation in a fatigue track of a base course treated with geopolymers. *Procedia Engineering*, 143:18-25.
- INVIAS. (2021). Información red vial colombiana. Instituto Nacional de Vías.
- LCPC. (1984). Carrusel de fatiga de pavimento. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
- Moreno, D., Caicedo, B. (2008). Diseño y construcción de una pista de pavimentos. Tesis de Maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- Reyes, O., Rincón, F., Mojica, G. (2019). Comportamiento de mezclas asfálticas con asfaltí-tas. Congreso Iberoamericano del asfalto.
- Reyes, O., Vargas, G., Camacho-Tauta, J. (2014). Diseño, construcción y calibración de un equipo para ensayos acelerados en pavimentos. Proyecto de investigación IMP-ING-1575, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.



Palabras de cierre

Mayor **Jhon Fredy Rincón Morantes**
Decano Facultad de Ingeniería Civil



Saludos para todos,

Agradezco la participación de todos nuestros conferencistas, CR. Carlos Rincón, MY. Fabio Faria, CT. Daniel Dantas, CT. Víctor Yépez, PhD. Allex Álvarez, PhD. Oscar Reyes O. e Ing. Ernesto Correa. Agradezco también a nuestros docentes, cadetes, al personal civil que asistió y a todas las directivas que nos acompañaron.

Para mi es grato haber culminado este Seminario con el cual se pudo enriquecer los conocimientos y las experiencias de nuestros Ejércitos hermanos, y se presentaron las técnicas actuales de desarrollo de los materiales para la construcción de carreteras, lo cual conlleva a observar que nuestros Ejércitos están en la misma vía.

Los Ejércitos de Brasil, Colombia, Perú y Ecuador han contribuido en el desarrollo nacional no solo con vías, sino con una cantidad de obras de infraestructura, de igual manera es importante mirar como desde la perspectiva de nación se está teniendo en cuenta la parte militar para poder formular los proyectos que le convienen a las naciones.

Adicionalmente, se incluyó en este Seminario una parte técnica sobre los avances en ensayos no convencionales para la evaluación de materiales, con los cuales se construyen las carreteras. De esta manera se desea incluir diversos conocimientos, experiencias, vivencias, políticas, las cuales deseamos fueran del agrado de todos los asistentes.

De esta manera damos culminado el V Seminario Internacional de Ingeniería Militar, una tradición hecha realidad en la Escuela Militar de Cadetes, quinto año consecutivo logrando realizar este espacio académico para los estudiantes del programa de Ingeniería Civil de la Escuela Militar.

Cargue plataforma SNIES

CODIGO_CURSO	NOMBRE_CURSO	ID_CINE_CAMPO_DETALLADO	ES_EXTENSION	ACTIVO
98	V Seminario Internacional de Ingeniería Militar "Aporte de los Ejércitos al desarrollo vial en los países americanos"	732	N	N



La educación es de todos
Mineducación



Sistema Nacional de Información de la Educación Superior

CERTIFICADO DE ENVIO Y VALIDACION DE INFORMACION

Radicado No. V10620211124-1776669OK

Resumen de información enviada.

CURSO	1
-------	---



La educación es de todos
Mineducación



Sistema Nacional de Información de la Educación Superior

CERTIFICADO DE ENVIO Y VALIDACION DE INFORMACION

Radicado No. V11420211124-1776673OK

Resumen de información enviada.

EDUCACION_CONTINUA	12
EDUCACION_CONTINUA_DO CENTES	18
EDUCAC_CONTINUA_BENEF ICIARIOS	35

