

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

PROPUESTA: LM-PI-UMP-018-R1

DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES PARA PAVIMENTOS, SEGURIDAD VIAL Y TRANSPORTES

Preparado por:
Unidad de Materiales y Pavimentos
Unidad de Seguridad Vial y Transportes

San José, Costa Rica
Setiembre, 2013



Documento generado con base en el Art. 6, inciso i) de la Ley 8114 y lo señalado en el Capítulo VI, Art. 62 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-37016-MOPT.

| | | |
|---|---|---|
| 1. Informe LM-PI-UMP-018-R1 | | 2. Copia No. 1 |
| 3. Título y subtítulo: DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES PARA PAVIMENTOS, SEGURIDAD VIAL Y TRANSPORTES | | 4. Fecha del Informe Setiembre, 2013 |
| 7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440 | | |
| 8. Notas complementarias | | |
| 9. Resumen Como respuesta a lo establecido en el Capítulo VI, Sección II, Artículo 62 del Reglamento publicado según Decreto DE-37016-MOPT, en el documento se realiza un diagnóstico de las necesidades y prioridades de investigación en material vial, y más específicamente en lo que corresponde a materiales utilizados en la construcción de estructuras de pavimentos, infraestructura vial, seguridad vial e ingeniería de transportes. De esta forma se desarrolla un resumen de las necesidades identificadas en las distintas áreas precitadas que servirá como guía y referencia a la hora de desarrollar el plan estratégico de investigación por parte del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR. La información presentada está dividida por áreas de conocimiento técnico. De esta forma la sección correspondiente a materiales para pavimentos resume lo observado en materia de química de materiales (ej. asfalto), materiales granulares y suelos, materiales estabilizados, pavimentos flexibles y pavimentos rígidos y técnicas de mantenimiento y preservación. De forma similar hay un apartado correspondiente a lo concerniente a la seguridad vial y a los temas relacionados con Ingeniería de Transportes. | | |
| 10. Palabras clave Investigación, materiales, pavimentos, seguridad vial, transportes | 11. Nivel de seguridad: Ninguno | 12. Núm. de páginas 25 |
| 13. Preparado por: | | |
| Ing. Ellen Rodríguez Castro Investigadora Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 24 / 09 / 13 | Ing. Mónica Jiménez Acuña Investigadora Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 24 / 09 / 13 | Ing. Andrea Ulloa Calderón Investigadora Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 24 / 09 / 13 |
| Ing. Gustavo Adolfo Badilla Vargas Investigador Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 24 / 09 / 13 | Ing. Tania Ávila Esquivel Investigadora Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 24 / 09 / 13 | Ing. Diana Jiménez Romero, M.Sc., M.B.A. Coordinadora Unidad de de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 24 / 09 / 13 |
| 14. Revisado por: | | 15. Aprobado por: |
| Ing. José Pablo Aguiar Moya, Ph.D. Coordinador Unidad de Materiales y Pavimentos  Fecha: 24 / 09 / 13 | Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR  Fecha: 24 / 09 / 13 | Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA  Fecha: 24 / 09 / 13 |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 2. MATERIALES Y PAVIMENTOS | 5 |
| 2.1 QUÍMICA DE MATERIALES | 7 |
| 2.2 SUELOS, MATERIALES GRANULARES Y MATERIALES ESTABILIZADOS | 10 |
| 2.3 MEZCLAS ASFÁLTICAS | 12 |
| 2.3.1 EFECTO DE LAS CARGAS | 14 |
| 2.3.2 EFECTO DEL CLIMA | 14 |
| 2.4 PAVIMENTOS RÍGIDOS | 15 |
| 2.5 TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN Y MANTENIMIENTO | 16 |
| 2.6 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS ESTRATÉGICOS | 18 |
| 3. SEGURIDAD VIAL E INGENIERÍA DE TRANSPORTES | 19 |
| 3.1 INVESTIGACIÓN APLICADA EN SEGURIDAD VIAL E INGENIERÍA DEL TRANSPORTE | 21 |
| 3.1.1 ESPECIFICACIONES DE RETRORREFLEXIÓN HORIZONTAL PARA DEMARCACIÓN VIAL EN COSTA RICA | 22 |
| 3.1.2 MAPA DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO 2013 PARA COSTA RICA | 22 |
| 3.1.3 PROYECTO DE FLUJO VEHICULARES EN COSTA RICA | 23 |
| 3.1.4 DESARROLLO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | 23 |
| 4. COMENTARIOS FINALES | 24 |

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento se enmarca en las competencias asignadas al LanammeUCR mediante la Ley N° 8114 y su reforma mediante la Ley N° 8603, asimismo, responde al artículo 62 del Decreto Ejecutivo 37016-MOPT (Reglamento al Artículo 6 de la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria No. 8114), de acuerdo con el cual, corresponde al LanammeUCR, el realizar un diagnóstico inicial en el que se evidencien las necesidades y prioridades del país en cuanto a investigación en materia vial.

Así las cosas, y de conformidad con el Estatuto Orgánico de la Universidad de Costa Rica, corresponde a esta institución de educación superior el “impulsar y desarrollar la enseñanza e investigación de alto nivel”, por lo que siguiendo dicha disposición, el LanammeUCR, laboratorio adscrito a la Escuela de Ingeniería Civil, se comprometió fuertemente con el país, desarrollando un amplio programa de investigación que se ha enfocado en diversos temas relacionados a la infraestructura vial. Este programa busca contribuir con el desarrollo nacional y con la solución de problemas específicos de distintas áreas de la ingeniería civil y vial.

La labor de investigación en carreteras del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) inicia formalmente con la puesta en vigencia de la Ley 8114 en agosto del año 2002. Previo a esta fecha, la investigación aplicada se realizaba a través del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA), mediante convenios de cooperación con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y la UCR (1997 – 1999), y luego, con el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), entre 1999 – 2002. Durante este período (1997 – 2002), el trabajo de investigación fue muy limitado, pues básicamente se realizaba verificación de la calidad de obras viales, y por lo tanto, la producción científica era escasa. Por tanto, es claro que el establecimiento de la Ley 8114 favoreció y sirvió como fundamento en la creación de una Unidad de Investigación de alto nivel, ya que se asignaron recursos para desempeñar tal labor.

A partir del 2002, el esfuerzo que se realizó para desarrollar investigación aplicada cambió considerablemente. A partir de dicha fecha, el PITRA y la Unidad de Investigación empezaron con un proceso formal de capacitación de sus profesionales y de adquisición de equipos de última tecnología que permitiría levantar el nivel de la investigación considerablemente. Dicho esfuerzo a nivel de recurso humano e instalaciones permitió que se empezaran a generar productos concretos, con base en procedimientos y metodologías sistemáticas, organizadas y objetivas y donde el enfoque primordial es el de identificar las necesidades, rezagos y/o carencias principales del sector vial nacional. Esto con el

fin de enfocar las investigaciones realizadas por la Unidad, hacia brindar elementos de aplicación práctica que coadyuven a solventar dichas necesidades.

Adicionalmente, a partir del 2009 se empieza a tener una mayor interacción con los distintos sectores involucrados en los distintos ámbitos de la ingeniería de transportes del país, de tal forma que gran parte de los proyectos que se han venido desarrollando obedecen a consultas realizadas dichos grupos, atendiendo sus necesidades y prioridades de investigación. Mediante este sistema se ha logrado atender las necesidades más prioritarias o urgentes y lograr que los productos de nuestros proyectos de investigación tengan mayor aceptación y aplicación en el corto plazo.

Finalmente, durante el 2011, el PITRA fue sometido a un proceso de reestructuración organizativa donde la Unidad de Investigación pasó a denominarse Unidad de Materiales y Pavimentos. Dicho cambio estratégico permitió que la Unidad de Materiales y Pavimentos (UMP) no solo atendiera directamente las necesidades de investigación en el área, sino que también se viera involucrada directamente en la asesoría a consultas realizadas por el MOPT, el CONAVI, o a quienes ellos consideraran necesario. Adicionalmente, se definió la investigación como una actividad transversal a todas las Unidades del PITRA, por lo que grupos de trabajo como el de la Unidad de Seguridad Vial y Transportes está planteando también un ambicioso programa de investigación en su ámbito de conocimiento técnico. La intención final es que el PITRA como tal pueda atender las diversas necesidades de investigación que sean requeridas y que los resultados de las mismas puedan ser comunicados adecuadamente a la comunidad ingenieril del país.

Por tanto, para poder atender las necesidades de investigación del sector, las cuales han sido transmitidas al PITRA mediante consultas, como resultado de encuestas, o mediante la observación y fiscalización realizada por el LanammeUCR, se presenta en los siguientes apartados un resumen de dichas necesidades por áreas de trabajo. Dichas observaciones resultarán en la adecuación del plan de investigación del LanammeUCR.

2. MATERIALES Y PAVIMENTOS

La infraestructura vial es uno de los pilares del desarrollo de cualquier país. Debe permitir la comunicación entre regiones y el traslado de productos y personas dentro y fuera del país. La mala infraestructura vial se convierte en una barrera que dificulta y encarece las actividades económicas y sociales fundamentales.

Por estas razones es que muchos países invierten gran parte de su presupuesto en mantener, mejorar y ampliar las carreteras, pues estas suelen ser las principales vías de comunicación de las regiones. Asimismo se invierten cantidades considerables en investigación y desarrollo en el área para mejorar el desempeño de las carreteras y la eficiencia y eficacia de las carreteras y de la inversión.

En contraste con esta realidad prácticamente global, la construcción de infraestructura vial en Costa Rica no ha demostrado un avance significativo en las últimas décadas. El país se ha concentrado en actividades de rehabilitación y mantenimiento.

Los proyectos de obra nueva que se han ejecutado en los últimos años como Sabalito-Las Mellizas en la zona sur, Estrada-Lajas en Guanacaste e incluso los pasos a desnivel que sustituirían las rotondas de la Ruta N° 39 (Circunvalación), entre otros, fueron planteados en la década de los 80 y 90. Lo que demuestra un rezago considerable en infraestructura vial y la consecuente pérdida de oportunidades de desarrollo económico y social.

El deterioro evidente de nuestras carreteras es solo un resultado de la ausencia de intervención de los gobiernos en este importante factor de desarrollo. Aunado a esto, la necesidad imperiosa de mantener las agotadas vías del país en estado transitable impacta significativamente el erario público y provocando el desempeño precario para las necesidades reales de tránsito.

A esto debemos adicionar dos factores, que las tecnologías y procesos constructivos de carreteras se han mantenido prácticamente invariables y que la transferencia de conocimiento ha sido informal y sin lineamientos teórico-prácticos que respalden algunas de las prácticas que han sido aplicadas a través del tiempo.

Uno de los factores que puede haber influido en este deterioro del conocimiento puede ser el debilitamiento de las instituciones rectoras en materia de infraestructura vial, lo que ha provocado que la dispersión de funciones dificulte el consenso y que se disperse y diluya el conocimiento que había sido adquirido por las generaciones anteriores.

En la actualidad se puede notar como cada ente involucrado en el mantenimiento, conservación, rehabilitación, construcción y reconstrucción de la infraestructura vial sigue sus propios lineamientos y define sus propios parámetros de calidad.

Es imperativo modificar el camino que se ha seguido hasta el momento, no solo actualizando tecnologías y procesos constructivos, sino también proveyendo de conocimiento fundamental que brinde las herramientas que los técnicos y profesionales requieren para las decisiones que deben tomar.

| | | |
|--------------------------|--|----------------|
| Informe LM-PI-UMP-018-R1 | Fecha de emisión: 26 de septiembre de 2013 | Página 6 de 25 |
|--------------------------|--|----------------|

Debido a lo anterior y considerando que el país debe fortalecer los conocimientos fundamentales pero que también debe ponerse al día con las técnicas de punta en construcción de carreteras para que se convierta en un país competitivo, se estima pertinente desarrollar proyectos de investigación que contemplen aspectos básicos de los materiales, pero que a su vez se apliquen técnicas de análisis avanzadas que aporten mayor información que permita comprender el comportamiento de los materiales y de la combinación de los mismos.

El conocimiento de los materiales que se utilizan ha sido prácticamente estático. Los ensayos para caracterizar los materiales no han variado ni se han actualizado, exceptuando contadas excepciones, durante mucho tiempo e incluso se han menospreciado las conclusiones que se pueden obtener con base en los resultados de las pruebas.

Por supuesto, si no hay interés en medir la calidad básica de los materiales mucho menos se percibe interés en realizar estudios que colaboren a extender el conocimiento de los mismos o para probar nuevas opciones.

Por tanto, en los siguientes apartados se introducen las problemáticas y necesidades específicas asociadas a los distintos tipos de materiales y tecnologías asociadas a la infraestructura vial, así como la intensión del PITRA en cuanto a cómo atender dichas necesidades durante los próximos años.

2.1 Química de Materiales

Con respecto a los pavimentos asfálticos, los materiales principales son agregados y asfalto. El asfalto, a pesar de ser el material que está en menor cuantía, es que da al pavimento las propiedades de flexibilidad, adhesión y de durabilidad. Por eso es esencial conocer las características del material original antes de ser mezclado con el agregado para poder relacionar ciertas propiedades con algunos factores del desempeño del pavimento.

Adicionalmente, para mejorar algunas de las propiedades de desempeño de la mezcla asfáltica de manera que responda de manera adecuada a las altas cargas y volúmenes de tránsito actuales, se han adicionado polímeros y aditivos del asfalto. Por lo que es importante conocer las características del aditivo o del polímero, del asfalto original y del asfalto modificado, realizando ensayos convencionales y ensayos con equipos de tecnología avanzada.

El asfalto es un material sumamente complejo que se obtiene como uno de los productos pesados del proceso de destilación del petróleo. En su estructura se puede encontrar compuestos saturados, anillos

nafténicos y compuestos aromáticos, radicales ácidos, aldehídos y cetonas, entre otros. Pero además de la complejidad de la estructura química, tenemos que considerar la variabilidad de acuerdo con la fuente, lo cual hace aún más complejo predecir el comportamiento del asfalto.

Debido a esta composición mencionada, la caracterización química es sumamente laboriosa, por lo que se han distinguido dos grandes grupos asfaltenos y maltenos. Dentro de los maltenos se incluyen los compuestos saturados, los compuestos aromáticos y las resinas. Incluso la composición de cada uno de estos grupos depende de la fuente, incluso se cree que dentro de la misma fuente puede existir variabilidad.

A pesar del desconocimiento general en esta materia, se han desarrollado métodos, principalmente físicos y reológicos, que intentan pronosticar el comportamiento del asfalto cuando está combinado con el agregado, con algún aditivo y en diferentes estados de envejecimiento.

Hay que considerar un factor más que afecta a los países en vías de desarrollo. Durante las estaciones de verano los países desarrollados consumen la mayor parte del asfalto considerado de mejor calidad, por lo que dejan para países como Costa Rica los asfaltos que se acercan mucho a los límites de especificación definidos en el país.

A pesar de esta renuencia a los análisis químicos del asfalto, las técnicas de análisis modernas pueden ayudar a comprender mejor el comportamiento químico, físico y reológico, calorimétricos y termogravimétricos del asfalto y de sus fases, con lo cual se podría comprender y predecir de mejor manera el comportamiento del asfalto.

En las últimas décadas, se ha intentado de mejorar características específicas de desempeño del asfalto agregando aditivos y polímeros, lo cual ha demostrado resultados positivos, sin embargo la cuantificación de la mejora ha sido difícil pues para medir el efecto de los aditivos y el polímero se aplican los mismos ensayos que se utilizan para el asfalto original, en la medida de lo posible, sin embargo hay variables como la viscosidad absoluta a 60 °C que no es posible medirlas para los asfaltos modificados.

Es posible medir estos efectos aplicando técnicas de análisis no convencionales, que permitan comparar los cambios en la estructura química y cambios en el comportamiento reológico y mecánico e intentar correlacionar estos resultados con los que se obtengan en ensayos de laboratorio a la mezcla asfáltica e incluso con el desempeño observado en campo.

El comportamiento de la mezcla asfáltica en el laboratorio es importante, a pesar de que sus resultados no se puedan correlacionar directamente con el desempeño del pavimento asfáltico. No obstante hay ensayos fundamentales que se realizan a la mezcla asfáltica, que miden el mismo parámetro pero que no se correlacionan, tal es el caso del contenido de asfalto de la mezcla que se puede obtener por diferentes métodos, pero que no se consideran comparables.

Los laboratorios que realizan este tipo de ensayos aplican métodos diferentes, lo cual complica los procesos de control de calidad, verificación de calidad y fiscalización que realizan los diversos actores involucrados.

Es esencial determinar si los métodos son comparables o si es posible correlacionarlos, ya que esto permitiría comparar los resultados que obtienen los diferentes laboratorios independientemente del método que se aplique.

Utilizar mezcla asfáltica para reparar carreteras es sumamente caro, por lo que se han optado por otras técnicas de conservación que han demostrado ser muy efectivas y mucho más económicas. Igualmente éstas técnicas utilizan asfalto y agregado, con la diferencia de que el agregado tiene menor tamaño nominal y el asfalto está emulsificado.

En este caso el asfalto tiene la misma función de proveer la adhesividad entre los agregados y flexibilidad a la estructura, la diferencia es que está mezclado con agua y con un emulsificante que hace posible esta mezcla.

Existen varios tipos de emulsiones que se clasifican por la velocidad de rompimiento de la emulsión, por la dureza del asfalto y por la carga eléctrica de la emulsión. El emulsificante es uno de los componentes que define estas características.

Al igual que en el del asfalto, los ensayos que se realizan a la emulsión solo proporcionan información básica de comportamiento, pero existe muchas otras variables o factores que se podrían controlar que brindarían mayor información sobre el comportamiento y sobre algunas de los parámetros fundamentales como la estabilidad, ya que debido a sus características químicas la probabilidad de que se rompa antes de tiempo es muy probable.

Para poder enriquecer el conocimiento que existe con respecto a las emulsiones es esencial conocer las propiedades básicas como la estabilidad y los factores que la afectan, para poder posteriormente analizar otras propiedades como las reológicas.

2.2 Suelos, Materiales Granulares y Materiales Estabilizados

En lo que respecta a la aplicación de los materiales granulares y suelos para la construcción de obras de infraestructura vial y civil en Costa Rica. Se debe tomar en cuenta que, a pesar de que el territorio nacional es relativamente pequeño, se presenta una gran variedad de climas, litologías y condiciones topográficas que en conjunto generan una gran variedad de suelos, algunos de ellos con condiciones geotécnicas que dificultan la construcción de cualquier tipo de infraestructura.

Así pues, en muchas de las carreteras del país existen problemas de deterioro en los pavimentos, ya sea en las capas de rodamiento debido no sólo al espesor de la carpeta sino también al estado de sus capas inferiores (bases y subbases).

De esta manera, la Unidad de Materiales y Pavimentos del PITRA ha contado con una filosofía de trabajo basada en tres principios básicos desde el año 2007:

1. La definición de los temas a investigar deberá tomar en cuenta la opinión de los diferentes sectores involucrados, Ministerio de Obras Públicas y Transportes y Consejo Nacional de Vialidad (MOPT-CONAVI), Contratistas y el LanammeUCR, esto con el fin de reconocer las necesidades y prioridades de los diferentes sectores, buscando siempre un acercamiento para la transferencia de los productos de nuestras investigaciones.
2. La priorización de los temas por investigar, se basa en las necesidades más urgentes para el país, pero también toma muy en cuenta la capacidad y los recursos con los que cuenta el LanammeUCR.
3. Finalmente la estrategia o esquema de investigación está planteado de forma integral y progresiva, de tal manera que la definición de los temas a investigar no se limita a la escogencia de proyectos sino a la definición de metas y productos a corto, mediano y largo plazo.

De esta manera a partir de diferentes encuestas, entrevistas, comentarios y consultas realizadas al LanammeUCR se ha determinado que las principales necesidades de los diferentes sectores radican en aumentar el conocimiento de las propiedades de los materiales existentes utilizados en nuestro país como subrasantes, bases y subbases además de su comportamiento. De la misma forma, es de fundamental importancia mejorar las características de estos materiales buscando una mayor durabilidad y mejor desempeño de los pavimentos construidos, así como también aquellos pavimentos proyectados a futuro.

Adicionalmente, se identifica la necesidad de plantear investigaciones centradas en conocer las mejores alternativas de estabilización y mejoramiento de estos materiales, y en segundo lugar determinar

propiedades físico-mecánicas de los mismos, tal y como lo son los módulos de estos materiales, todo esto con el objetivo de generar insumos para las distintas metodologías de diseño de pavimentos.

Resumiendo lo anterior se podrían priorizar las necesidades observadas de la siguiente manera:

1. Aumentar el conocimiento de los materiales existentes y actualmente utilizados como subrasantes de carreteras: generar bases de datos con información de las propiedades físicas y mecánicas (mediante la realización de ensayos de laboratorio) de suelos.
 - a. Caracterización de las propiedades físicas, químicas de los suelos de Costa Rica
 - b. Generación de curvas características de retención de aguas
 - c. Determinación de módulo resiliente de suelos y su variabilidad en diferentes épocas del año
 - d. Determinación del coeficiente estructural de suelos
 - e. Determinación de correlaciones entre resultados obtenidos por equipos de evaluación in situ con propiedades mecánicas de suelos
 - f. Susceptibilidad a la deformación permanente de suelos en Costa Rica
2. Aumentar el conocimiento de los materiales existentes y actualmente utilizados para la construcción de bases y subbases: generar bases de datos con información de las propiedades físicas y mecánicas (mediante la realización de ensayos de laboratorio) de los materiales utilizados con este fin, analizar el proceso de producción de estos materiales en las fuentes de explotación y analizar las especificaciones técnicas actuales para que sean objetivas y aplicables.
 - g. Determinación de módulo resiliente de bases y subbases y su variabilidad en diferentes épocas del año
 - h. Determinación del coeficiente estructural para bases y subbases
 - i. Caracterización de las propiedades físicas, mecánicas de bases y subbases de Costa Rica
 - j. Determinación de correlaciones entre resultados obtenidos por equipos de evaluación in situ con propiedades mecánicas para bases y subbases
 - k. Susceptibilidad a la deformación permanente de materiales granulares en Costa Rica
3. Buscar alternativas para el mejoramiento de las características físicas y mecánicas de estos materiales (Subrasante, base y subbases): realización de ensayos que prueben la eficacia de estos métodos y para qué tipo de material aplicaría dicha metodología (características físicas-mecánicas).
 - l. Calibración de la ecuación de fatiga de laboratorio a las condiciones de campo para materiales granulares estabilizados con cemento en Costa Rica

- m. Evaluación de posibles mejoras en las propiedades de las materiales granulares con la incorporación de cal, cemento, aditivos químicos, asfalto espumado y materiales de desecho
- n. Aplicación de geosintéticos como mejorador y estabilizador de materiales granulares y suelos dentro de la estructura de un pavimento

El estudio de estos temas brindará bases para solucionar problemas reales que afectan la deteriorada red vial nacional y constituir la plataforma de inicio para aumentar la eficiencia y la eficacia en la toma de decisiones.

Futuras investigaciones fundamentadas en estos primeros estudios, arrojarán mayor conocimiento sobre las necesidades de nuestras carreteras y aumentarán las posibilidades de elegir soluciones de mayor durabilidad y menor costo, siempre considerando las limitaciones tecnológicas y presupuestarias de nuestro país.

2.3 Mezclas Asfálticas

El uso de mezcla asfáltica en Costa Rica es amplio. Tradicionalmente, una gran mayoría de los proyectos de pavimentos involucran el uso de una o más capas de concreto asfáltico. De la misma forma, el material también es de común aplicación en sobrecapas utilizadas como técnica de mantenimiento. Adicionalmente, la posibilidad de utilizar mezcla asfáltica reciclada, así como tipos de mezcla asfáltica no tradicionales (de graduación distinta a la densa) se vuelve cada vez más atractiva. Todo lo anterior se traduce en una muy alta inversión en mezcla asfáltica y por tanto, el conocimiento de este material que consiste en la combinación adecuada de asfalto, piedra o agregado y aire es de fundamental importancia.

Una revisión del estado de la red vial nacional, así como de auditorías recientes realizadas a distintos proyectos de la misma, indica que existen ciertos aspectos que se presentan con cierta frecuencia. Entre ellos están: exudación, segregación durante el proceso de producción y constructivo, problemas asociados a la compactación, problemas asociados a la volumetría de la mezcla (relación polvo/asfalto, vacíos en el agregado mineral -VMA- y vacíos llenos de asfalto -VFA-), desprendimientos prematuros y la aparición de baches.

Importante énfasis debe realizarse en el último aspecto que en gran parte puede estar relacionado con la susceptibilidad de la mezcla asfáltica a la humedad. Esta problemática aunada a condiciones de

| | | |
|--------------------------|--|-----------------|
| Informe LM-PI-UMP-018-R1 | Fecha de emisión: 26 de septiembre de 2013 | Página 12 de 25 |
|--------------------------|--|-----------------|

precipitación continuas, altos grados de humedad ambiental y temperaturas no favorables facilitan el grado de deterioro que se puede presentar. Por tanto, el fenómeno de daño por humedad es un aspecto que debe investigarse a profundidad. Dicha necesidad es aún más clara cuando se considera que los ensayos que históricamente se han utilizado para caracterizar la susceptibilidad de las mezclas asfálticas al daño por humedad arrojan resultados muy favorables en cuanto a este parámetro. Sin embargo, basta con que las estructuras sean construidas en campo y que se vean sometidas a las primeras lluvias para que se empiecen a presentar problemas visibles.

De tal forma, existe una gran necesidad de desarrollar o adaptar adecuadamente metodologías de ensayo que permitan cuantificar adecuadamente la susceptibilidad de las mezclas asfálticas para las condiciones de materiales y climas presentes en el país. Lo anterior con el objetivo de asegurar que las mezclas que se utilicen en el futuro resistan de manera adecuada la demanda climática y de cargas a la que se verán sometidas. Lo mismo debe ser cierto para asegurar el correcto desempeño de la mezcla asfáltica en lo referente a deformación permanente y agrietamiento por fatiga.

Por tanto, es una necesidad de investigación el evaluar el comportamiento y la susceptibilidad de las mezclas asfálticas a deformarse y agrietarse, tanto para el caso de las mezclas densas típicas con tamaños máximos nominales de 9,5 mm y 12,5 mm, así como para mezclas de graduación abierta o discontinua, y muy especialmente para mezclas con asfaltos modificados para condiciones de carga climáticas y tráfico que así lo requieran. El análisis de este tipo de mezclas es de gran importancia puesto que la demanda vehicular y por tanto de cargas a las que se somete la estructura del pavimento se espera se duplique en los próximos 10 a 15 años, mientras que la capacidad de servicio de la red vial se espera crezca a una menor tasa para satisfacer la demanda.

De tal forma, se hace necesario el desarrollo de modelos de deterioro asociados a fatiga y deformación permanente para las distintas mezclas asfálticas usadas y que se prevé se usen en el país, así como la caracterización de las distintas propiedades mecánicas de estos materiales como lo es el módulo. Esto con la finalidad de estar en capacidad de cuantificar el posible daño al que estarán sujetos estos materiales durante su vida útil de manera que los diseños y análisis que realicen los distintos involucrados sean fidedignos para la realidad nacional en cuanto a climas, materiales y niveles de carga.

2.3.1 Efecto de las Cargas

Se identificó la necesidad específica de determinar los parámetros más representativos en la modelación de las cargas a las que se someten las carreteras en Costa Rica. Esto, con la finalidad de servir como insumo para el análisis y diseño de estructuras de pavimentos en Costa Rica.

La investigación a desarrollar en dicha área debería buscar como mínimo atender las siguientes interrogantes del tipo y magnitud de las cargas a nivel nacional:

Entendimiento y caracterización de la magnitud y variabilidad de carga, presión de inflado, desviación lateral de llanta y nivel de tránsito. El objetivo de dicha investigación sería el de desarrollar una base de datos de los distintos parámetros de manera que los mismos puedan ser modelados para el estudio estructural de los distintos componentes de la estructura del pavimento y principalmente para entender la respuesta de la mezcla asfáltica.

Con base en dicha información será posible entonces desarrollar modelos de los distintos elementos previamente citados, así como el análisis de la variabilidad asociada a cada uno de los mismos. Con dicha información será posible también el desarrollo de modelos de confiabilidad como los que se utilizan en otras ramas de la Ingeniería Civil para el diseño y análisis de estructuras.

2.3.2 Efecto del Clima

Tanto la mezcla asfáltica, como los materiales granulares y suelos utilizados en la construcción de las estructuras de pavimento son susceptibles a los cambios climáticos. El efecto puede deberse a la humedad y saturación, la cual puede tener un impacto considerable en el desempeño y la respuesta mecánica de los materiales granulares y el suelo, pero debido al comportamiento viscoelástico de la mezcla asfáltica, así como las marcadas diferencias en coeficientes térmicos de los distintos materiales es posible que la temperatura de desempeño de las distintas capas también tengan un efecto en cómo responde la estructura.

Es por esta razón que se ha identificado la necesidad de investigar los parámetros climáticos que afectan el comportamiento de los distintos materiales utilizados en la construcción de estructuras de pavimentos y cómo dichos factores afectan la estructura durante el día y la noche, así como durante el transcurso de las estaciones secas y lluviosas a lo largo del año. Entre los parámetros que deberían evaluarse se tienen la ubicación geográfica, la precipitación, la radiación solar y la cobertura nubosa, la

temperatura del aire, así como la de la estructura del pavimento, la presión barométrica, la humedad ambiental y la velocidad del viento.

Por tanto, conociendo el efecto de los distintos factores e identificando cuales generan el mayor impacto en la estructura será posible modelar cómo los mismos afectan el desempeño del pavimento. De la misma forma, es necesaria la generación de una base de datos de dichos factores de manera que los mismos sean fácilmente accesibles al sector.

2.4 Pavimentos Rígidos

Si bien es cierto que el porcentaje de la red vial nacional que corresponde a pavimentos rígidos es pequeño, existe en la actualidad una tendencia al uso de este tipo de estructuras, tanto a nivel de superficie de ruedo (ej. proyecto Cañas-Liberia, uso de losas cortas en varias partes del Valle Central, etc.), así como a nivel de capas de base estabilizadas con cemento.

Por tanto, es de gran importancia poder conocer adecuadamente el comportamiento de este material compuesto y definir criterios relacionados a su uso: resistencia promedio requerida, resistencias mínimas y máximas aceptables, tipo de Cemento Portland a utilizar, calidad de los agregados requeridas y granulometría, propiedades térmicas del concreto hidráulico para asegurar que no se presenten problemas de agrietamiento o contracción térmica durante el proceso constructivo y durante edades tempranas debido al calor de hidratación y los efectos del clima y técnicas de curado y acabado.

En base a todas estas consideraciones, y para poder asegurar el correcto desempeño del material se han identificado las siguientes necesidades de investigación que pretenden conocer mejor la respuesta del material y asegurar que su uso sea el correcto dependiendo de las condiciones de diseño.

La decisión del tipo de estructura de pavimento a utilizar en un proyecto dado debe responder a un adecuado análisis de costo de ciclo de vida (Life-cycle cost analysis, LCCA). Con base en dicho análisis se debe cuantificar no sólo los costos asociados a la inversión de la construcción inicial, sino que también los costos asociados a las distintas actividades de preservación y mantenimiento que se requerirán durante la vida útil del proyecto. De igual forma, es de suma importancia poder contar con parámetros calibrados que permitan cuantificar los costos asociados al cierre de vías debido a las actividades previamente citadas y su impacto en el usuario.

Similarmente, para la caracterización de materiales en los cuales se adiciona el cemento, comúnmente se realizan diferentes tipos de ensayos los cuales deben ser conocidos adecuadamente con la finalidad

de especificar propiedades y analizar este material. Entre los ensayos mínimos que deberían caracterizarse y de los que se debería empezar a formular bases de datos se tiene: resistencia a la compresión, resistencia a la flexotracción, módulo resiliente y ensayos de fatiga. Estos últimos parámetros son de gran importancia a la hora del diseño pero sin embargo no existen modelos calibrados de dichas propiedades para concreto hidráulico de uso en pavimentos.

La última temática que requiere de investigación corresponde a los materiales granulares y suelos estabilizados con cemento. Las bases estabilizadas con cemento han mostrado ser una alternativa muy importante para la construcción de pavimentos. Su aporte estructural, la variabilidad de materiales en las distintas zonas del país, el clima lluvioso y la presencia de zonas con niveles freáticos altos favorecen la aplicación de esta tecnología. No obstante, a pesar de que en Costa Rica hay una amplia experiencia acumulada en este campo, es también frecuente que se presenten problemas asociados al uso de las mismas como lo son agrietamientos excesivos, capacidades muy por encima o por debajo de lo esperado (variabilidad considerable). Por tanto el planteamiento de especificaciones apropiadas debe ser investigado.

2.5 Técnicas de Preservación y Mantenimiento

Desde hace ya más de treinta años al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) se le ha habido asignado toda la tarea de planificar, construir, mejorar y mantener las carreteras y caminos de este país; que en colaboración con las municipalidades deben de conservar los caminos vecinales. Posteriormente, a partir de la creación del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), dicha función se le reasignó a dicho Consejo, incluyendo labores de planificación, programación, administración, financiamiento, ejecución y control de la conservación y la construcción de la Red Vial Nacional.

Sin embargo, no es hasta el 2001 con la creación de la Ley 8114, donde un 25% del 30% del presupuesto asignado al CONAVI se destina exclusivamente a conservación, mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico, mejoramiento, rehabilitación y obras viales nuevas de la red vial cantonal (caminos vecinales, no - clasificados y calles urbanas, según Dirección de Planificación Sectorial (DPS) - MOPT). No obstante lo anterior, es hasta el año 2008, mediante la emisión del Decreto N° 34624 – MOPT, que se reforma el reglamento a la Ley 8114, designando al MOPT como el ente encargado de la planificación, fiscalización y normalización de las actividades sectoriales de su competencia, así como del dictado de políticas como ente rector en vialidad y transporte.

Las técnicas de preservación forman parte de estos convenios y programas establecidos para la conservación vial, que mediante un conjunto de actividades destinadas a preservar de forma continua y sostenida, buscan mantener el buen estado de las vías a través del tiempo, donde se preserve la condición operativa, el nivel de servicio y seguridad de las vías, y se garantice un óptimo servicio al usuario.

Para dicho propósito se han establecido diferentes convenios de apoyo y colaboración entre el MOPT y las diferentes Municipalidades; pero a pesar de esto y de que el país ha venido experimentado un crecimiento económico, el mantenimiento de carreteras es deficiente, especialmente en las zonas rurales pobres, que dificulta el acceso de la población a bienes y servicios y, por tanto frena el desarrollo económico general.

Debido a las necesidades que poseen las comunidades de menos recursos en Costa Rica para obtener la dirección técnica en proyectos de caminos y el hecho de que en su mayoría la aplicación de técnicas de preservación de pavimentos se han utilizado de manera empírica, es que se requieren realizar investigaciones profundas de sus respectivos diseños en laboratorio y sus implicaciones al momento de ser llevadas al campo.

Por lo tanto, dentro de las necesidades de investigación detectadas se tienen: el estudio y diseño de los diferentes tipos de emulsión asfáltica para su aplicación en las principales técnicas de preservación utilizadas en el país; la guía de diseño de bases estabilizadas con emulsión en el laboratorio para materiales granulares; la guía de diseño en el laboratorio microcapas, y el estudio de los diferentes tipos de sello de grietas. Las necesidades indicadas previamente deben desarrollarse con la intención de brindar una herramienta práctica a todos los protagonistas que intervienen en las distintas actividades y proyectos de conservación vial que actualmente y a futuro se adjudiquen en el país.

En conclusión, el fin de desarrollar estos proyectos de investigación en el área de preservación de pavimentos, en el corto a mediano plazo, es el de mejorar las condiciones del estado de la red vial cantonal y nacional, lo que incidirá en una mejor calidad de vida e ingreso de sus habitantes y por ende, en una reducción de los índices de pobreza. Adicionalmente, el uso de dichas técnicas también permitirá preservar la condición de las carreteras del país y asegurar su correcto desempeño durante sus vidas útiles.

2.6 Definición de Objetivos Estratégicos

Con base en todo lo indicado en la presente sección, es dable afirmar que resulta necesario el seguimiento de un programa de investigación que permita la generación de herramientas y los productos necesarios en el área de infraestructura vial para asegurar un cambio significativo en la calidad de vida de los Costarricenses mediante una salto positivo en la calidad funcional y estructural de las carreteras nacionales.

Dicho plan de investigación debe fundamentarse en generar la información técnica relacionada con el comportamiento de la infraestructura y sus componentes, con base en las observaciones previas, mediante una retroalimentación interna (actividades de LanammeUCR en relación con la Ley 8114) así como el aporte de la Administración (MOPT-CONAVI) y el resto de sectores involucrados con la Infraestructura Vial.

Los productos de las investigaciones realizadas deberán estar enfocados en cuatro pilares planteados con base en las siguientes líneas o marcos de investigación:

1. Caracterización de los materiales existentes: se refiere a la realización de ensayos de punta para el conocimiento de las propiedades de nuestros materiales con el objetivo de comprender su comportamiento.
2. Propuesta para el uso de nuevos materiales: se refiere a la investigación en cuanto a propiedades, diseño y desempeño de materiales que actualmente no son utilizados en nuestro país para ser implementados, generando una inversión más eficiente de recursos.
3. Generación de herramientas de gestión para pavimentos: se refiere a la formulación de herramientas, que en primera instancia, pongan a disposición, la información existente del estado y características de la red vial, mecanismos para la generación de información adicional requerida y el procesamiento de esta información en formatos adecuados para la toma de decisiones.
4. Generación y actualización de especificaciones: se busca que las especificaciones a ser utilizadas para los distintos proyectos se basen en condiciones de desempeño calibradas a la realidad nacional de manera que se asegure la calidad de las estructuras de pavimento.
5. Generación de una guía de diseño estructural de pavimentos: se refiere a la propuesta de un método de diseño estructural de pavimentos mediante el uso de las características propias de los materiales y condiciones de nuestros pavimentos, la generación de modelos de deterioro que correlacionen el desempeño de materiales en laboratorio con el comportamiento de estructuras a escala natural y

una interface que facilite la asimilación y uso de esta herramienta con mejores resultados en cuanto a la precisión de predicción. Esto se implementará para diseñar proyectos a nivel nacional y municipal.

3. SEGURIDAD VIAL E INGENIERÍA DE TRANSPORTES

En Costa Rica, a medida que incrementa la flota vehicular, la seguridad del movimiento se ha ido comprometiendo pues se debe compartir los espacios con cada vez más elementos. En las últimas décadas se ha visualizado una problemática general en el país debido al aumento de accidentes en carreteras. El LanammeUCR como centro de referencia científica y técnica nacional en materia vial, atento a dicho problema, ha tomado en los últimos diez años varios pasos hacia afianzar una posición de liderazgo técnico en el tema de la seguridad vial, para proveer soluciones desde una perspectiva integral, con el objetivo de apoyar a las instituciones gubernamentales rectoras del tema.

Desde el año 2002 el LanammeUCR se encuentra a la vanguardia en el desarrollo del área de la seguridad vial como parte integral de la conceptualización de la planificación, construcción, operación y mantenimiento de carreteras en el país, a través del PITRA y sus unidades de trabajo. Es así como se ha constituido en un referente nacional en el desarrollo y estudio de este tema.

El campo de acción del PITRA inicialmente se centró en la realización de auditorías y evaluaciones de seguridad vial en la Red Vial Nacional, abarcando una serie de temas como los son: i) Facilidades peatonales en carreteras primarias y secundarias, ii) Análisis de seguridad vial en intersecciones, iii) Colocación de publicidad en las carreteras, iv) Diseño geométrico: alineación horizontal y vertical, v) Demarcación vial horizontal, vi) Asesorías sobre elementos de seguridad vial en vías principales, vii) Dispositivos de seguridad y control temporal del tránsito y viii) Sistemas de contención vehicular.

Como resultado de los trabajos realizados por el PITRA entre los años 2002 y 2011, se han identificado una serie de hallazgos referentes a la seguridad vial en el país, los cuales se resumen a continuación:

1. Gestión: Inexistencia de una base de datos con información completa de los accidentes de tránsito, lo cual es crítico para la toma de decisiones y para una adecuada priorización e implementación de medidas para mejorar la seguridad vial. Ausencia de inspección técnica vehicular en carretera, lo que permite que circulen vehículos en malas condiciones mecánicas, a pesar de que hayan pasado la revisión técnica vehicular (RTV). Falta de planificación para el mantenimiento de las carreteras (demarcación vial, mantenimiento del pavimento, etc.).

2. Planificación: Falta de una adecuada evaluación social de proyectos, donde se incorpore el análisis Costo/Beneficio de las obras de seguridad vial a implementar en las carreteras.
3. Diseño: Ausencia de estudios y diseños específicos de las barreras de contención vehicular colocadas en los proyectos de carretera, intersecciones con diseño geométrico inadecuado y carencia de facilidades para usuarios vulnerables.
4. Construcción: La seguridad y el señalamiento vial en las zonas de trabajo no cumplen con las disposiciones generales y otros documentos del Cartel de Licitación. Existe falta de control y verificación adecuada de la calidad de los materiales colocados (por ejemplo en la demarcación vial).
5. Operación: Inconsistencia de velocidades en las principales carreteras del país, problemas de accesibilidad para personas con movilidad limitada (discapacidad, adultos mayores) y señalamiento vial deficiente.
6. Legislación: Carencia de leyes que motiven al uso de dispositivos de seguridad y que faciliten una conducción segura para los usuarios. Desbalance entre lo que se exige y las condiciones económicas del país.
7. Control y Verificación: Falta de especificaciones técnicas en los carteles de licitación de algunos proyectos auditados.

Por otro lado, el LanammeUCR, luego de realizar un análisis de las necesidades del sector vial del país, identificó la necesidad de fortalecer la planificación y gestión de la ingeniería de transporte en Costa Rica.

Los hallazgos anteriores constituyen oportunidades de mejora, por lo que el LanammeUCR busca generar herramientas que permitan mejorar la gestión de la seguridad vial en las carreteras del país.

El LanammeUCR ha asumido un gran desafío en brindar importantes insumos que ayuden a mejorar el nivel de seguridad vial en toda la red vial de Costa Rica, para seguridad de todos sus habitantes. Este compromiso llevó a la conformación de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte en el año 2012.

Los objetivos estratégicos de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR son:

1. Promover el desarrollo integral de la seguridad vial para procurar una movilización segura de personas y carga en la Red Vial del país.

2. Fortalecer la capacidad de gestión técnica, a nivel institucional y profesional, en el área de la ingeniería de transporte en el país.

Con estos objetivos se busca llenar un vacío y asumir el liderazgo técnico y científico en las áreas de seguridad vial e ingeniería de transporte, además de cumplir con las funciones de ley y suplir el desarrollo de capacidad y desarrollo tecnológico necesario para satisfacer la demanda por parte de la administración y los profesionales en ingeniería.

3.1 Investigación Aplicada en Seguridad Vial e Ingeniería del Transporte

La Unidad de Seguridad Vial y Transporte (USVT) ha definido ejes temáticos para el desarrollo de investigación aplicada, buscando satisfacer las necesidades que se han indicado anteriormente. Con base en dichas observaciones, se puede plantear claramente que la investigación a realizarse debería atender los siguientes ejes temáticos:

Tabla 1. Ejes Temáticos para Investigación Aplicada

| Ejes Temáticos | Factores |
|----------------|---|
| Seguridad Vial | <p>Factor Infraestructura:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño geométrico 2. Señalización vial de carreteras 3. Mobiliario vial 4. Control temporal del tránsito 5. Cruces ferroviarios a nivel 6. Superficie de circulación <p>Factor Humano:</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Usuarios de la vía <p>Factor Vehículo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Seguridad activa y pasiva de los vehículos <p>Otros:</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Gestión de la seguridad vial |
| Transporte | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ingeniería del transporte 2. Ingeniería y gestión del tránsito |

Las investigaciones se priorizarán de acuerdo a las necesidades del país identificadas por la USVT mediante la fiscalización, las asesorías y los diagnósticos que se realicen. A partir de los resultados de las investigaciones se propondrán manuales, normativa o guías para que sean utilizadas por la

Administración como herramientas prácticas para la gestión de la seguridad vial y de la ingeniería del transporte en el país.

En el año 2013, se empezó a equipar el Laboratorio de Seguridad Vial, el cual constituye una herramienta para la investigación que se realice en el LanammeUCR en el tema de materiales de seguridad vial.

3.1.1 Especificaciones de retroreflexión horizontal para demarcación vial en Costa Rica

Las condiciones topográficas y climatológicas de nuestro país realzan la necesidad de contar con vías adecuadamente demarcadas, con materiales de alta calidad y durabilidad, con el fin de mejorar los niveles de seguridad vial para todos los usuarios de la vía y disminuir el riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito. Esta investigación formaría parte del desarrollo de especificaciones técnicas que el PITRA-LanammeUCR está realizando en diversos temas del área vial. El resultado de este estudio deberá complementar las normas que ha desarrollado el Comité CTN-11 de INTECO para asegurar la calidad de los materiales de demarcación vial horizontal; todo ello para que la Administración pueda mejorar sus carteles de licitación en sus proyectos de demarcación vial y que pueda ejercer el control de calidad adecuadamente.

El objetivo de esta investigación deberá ser el análisis que el desempeño y durabilidad de diferentes sistemas de demarcación vial horizontal en diversas rutas nacionales con diferentes condiciones (climáticas, estado de la superficie de rodamiento y volúmenes vehiculares), a partir de mediciones de retroreflexión horizontal periódicas, que permita generar recomendaciones sobre el uso adecuado de los material de demarcación vial, adaptado a las condiciones propias del país.

3.1.2 Mapa de Tránsito Promedio Diario 2013 para Costa Rica

Los datos de tránsito mostrados en el mapa elaborado por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte se encuentran basados en las proyecciones de tránsito promedio diarios (TPD) por sección de control para el año 2013. Estos datos fueron suministrados por la Dirección de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

Para realizar el mapa se utilizó un sistema de información geográfica (SIG) y se utilizaron valores de tránsito del Anuario de Información del Tránsito del 2013 para las secciones de control del MOPT que cuentan con un TPD disponible para el año 2013. Para la elaboración del mapa se contó con la colaboración de la Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación de la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT. El objetivo es actualizar el mapa anualmente una vez que el MOPT publique el Anuario de Información del Tránsito.

Esta visualización de los flujos de tránsito en la red vial de Costa Rica se llevó a cabo para las labores del PITRA-LanammeUCR y como herramienta para ser utilizada por la Administración para la toma de decisiones relacionadas con la gestión de carreteras en el país. La actualización periódica de dicha información será un insumo de gran valor para el área en años futuros.

3.1.3 Proyecto de flujo vehiculares en Costa Rica

Como complemento a la necesidad previamente establecida de analizar las cargas que transitan por las carreteras nacionales y para prever la necesidad de dicha información, la Unidad de Seguridad Vial y Transporte comenzó con la instalación de contadores vehiculares, con el fin de actualizar los datos de flujos vehiculares en diversas rutas del país.

La instalación de contadores se ha realizado en tramos de las rutas nacionales 1, 2, 4, 27, 32, 34, 35, 126, 140, 250 y 606. Otras rutas nacionales están contempladas en el proyecto y serán instrumentadas en el corto y mediano plazo.

3.1.4 Desarrollo de Especificaciones Técnicas

1. Comité CTN-11 Pinturas (INTECO): Como parte del Comité CTN-11 Pinturas de INTECO, la USVT colabora desde el año 2011 en la elaboración de normativa en el tema de materiales de demarcación vial: pintura base agua, pintura base solvente, material termoplástico, y microesferas de vidrio. Se elaboró también la *Guía de buenas prácticas para la demarcación vial horizontal* (INTE 11-02-03).
2. Subcomisión de Seguridad Vial CR-2010: Como parte de la actualización continua del manual CR-2010 (Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes), la USVT participó desde octubre del 2012 en la conformación de la Subcomisión para la actualización del CR-2010 en materia de SEGURIDAD VIAL, considerando los siguientes temas:

- a. Demarcación vial horizontal
 - b. Señalización vertical
 - c. Sistemas de contención vehicular
 - d. Control temporal del tránsito en zonas de trabajo
 - e. Barandas peatonales
 - f. Obras de arte relacionadas con la seguridad vial
3. Manual de Seguridad Vial: Como parte de las funciones de PITRA-LanammeUCR, se está elaborando un manual de seguridad vial, el cual incluirá los siguientes temas:
- a. Generalidades de la seguridad vial
 - b. Sistemas de contención vehicular
 - c. Facilidades para peatones y ciclistas
 - d. Auditorías y Evaluaciones de Seguridad Vial
 - e. Demarcación vial horizontal y señalización
 - f. Trabajos en la vía
 - g. Diseño geométrico y consistencia de velocidades
 - h. Medidas de mitigación, incluyendo la materia referida a los cruces ferroviarios
 - i. Análisis de accidentalidad, tramos de concentración de accidentes
 - j. Iluminación de la vía
 - k. Fricción en carreteras

4. COMENTARIOS FINALES

Con base en las necesidades identificadas en el presente documento, el LanammeUCR a través del PITRA y las distintas Unidades que lo conforman deberá continuar con un plan de investigación para generar una plataforma de conocimientos y productos que se reflejen en mejoras en la calidad de vida de los costarricenses.

Dicha investigación se verá plasmada en el Plan Quinquenal que desarrolla el PITRA para atender los compromisos por ley. Dicho plan marcará el rumbo a seguir por el PITRA durante los próximos 5 años, de manera que funcione como una guía que oriente y dirija las acciones de las distintas Unidades que conforman el PITRA hacia el cumplimiento de los objetivos institucionales planteados, en cumplimiento con las necesidades del país.

No obstante, a pesar de la generación de investigación y productos para garantizar la transferencia de dicho conocimiento al entorno, la permeación de dicha información y conocimiento tanto a la Administración, como a los entes privados que se ven involucrados en la toma de decisiones y la ejecución de proyectos es trascendental. Para este propósito es que se buscará integrar los equipos de investigación de los distintos proyectos a desarrollar, no únicamente con personal del PITRA, sino también del sector Público y Privado de manera que se transmita y apliquen los conocimientos generados más directamente.