



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

LM-PI-UIIT-INF-002-2022

## INFORME DE LA JORNADA DE INVESTIGACIÓN 2021

Preparado por:  
Unidad de Investigación en Infraestructura y  
Transportes (UIIT)

**Jornadas de  
Investigación 2021**  
**Ley 8114**

San José, Costa Rica

Enero 2022



<b>1. Informe</b> LM-PI-UIIT-INF-002-2022		<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> Informe de la Jornada de Investigación 2021		<b>4. Fecha del Informe</b> 13 de enero del 2022	
<b>7. Organización y dirección</b> 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			
<b>8. Notas complementarias</b>			
<b>9. Resumen</b> <i>En este documento se presenta la información relacionada con las Jornadas de Investigación 2021, organizadas por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR). Además de las investigaciones presentadas en la actividad, también se muestran aspectos de la organización y las distintas unidades del Programa de Infraestructura de Transporte (PITRA) y del LanammeUCR que jugaron un papel fundamental para la ejecución de la actividad.</i>			
<b>10. Palabras clave</b> Investigación, transferencia de conocimiento, Ley 8114	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 26	
<b>13. Preparado por:</b> Ing. Gianluca Corazzari Herrera Investigador UIIT	-----	-----	
<b>14. Revisado y aprobado por:</b> Ing. Ana Luisa Elizondo Salas Coordinadora General PITRA	-----	-----	



## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	5
2. Organización de las Jornadas de Investigación 2021 .....	5
2.1. Coordinación UNAT.....	6
2.2. Coordinación UTI.....	6
2.3. Coordinación CTT.....	7
2.4. Coordinación con la Escuela de Ingeniería Civil .....	7
3. Investigaciones presentadas.....	7
3.1. Presentaciones sincrónicas (01/12/2021) .....	7
3.1.1. Sesión inaugural: Generalidades del Manual de Especificaciones en Infraestructura de Transporte.....	7
3.1.2. Desempeño y durabilidad de la demarcación vial horizontal en Costa Rica .....	8
3.1.3. Medición de percepción de la calidad de vida con respecto a la satisfacción con el transporte público en Costa Rica.....	9
3.1.4. Propuesta de especificación del parámetro JC-integral para la evaluación del desempeño a fatiga para mezclas asfálticas .....	9
3.2. Presentaciones sincrónicas (02/12/2021) .....	10
3.2.1. Desarrollo de un modelo empírico de deslizamientos con la Universidad de Indiana y Rutgers .....	10
3.2.2. Propuesta de Regionalización Costa Rica.....	11
3.2.3. Desarrollo de ecuaciones de transferencia para la predicción de deterioros en las capas granulares de una estructura de pavimento.....	11
3.2.4. Aplicación web para diseño de sistemas de contención vehicular .....	12
3.2.5. Correlación de los resultados de ensayo de flexión en 4 puntos con distintos parámetros del ensayo de flexión semicircular .....	12
3.2.6. Metodología para la evaluación de IRI por medio de VANT (drones) .....	13
3.3. Presentaciones asincrónicas .....	14
3.3.1. Guía de Diseño de Pavimentos Tomo I.....	14
3.3.2. Guía de Diseño de Pavimentos Tomo II.....	14
3.3.3. Guía de Diseño de Pavimentos Tomo III.....	15
3.3.4. Calibración de un sistema de pesaje de vehículos pesados en movimiento a partir de puentes (BWIM) en la Ruta Nacional 1.....	16
3.3.5. Diseño, construcción y evaluación del desempeño de mezcla modificada con material de desecho.....	16



3.3.6.	Monitoreo del desempeño de pavimentos a largo plazo de Costa Rica (DPLP-CR)	17
3.3.7.	Diseño de una recámara de oxidación acelerada de asfaltos.....	18
3.3.8.	Revista Infraestructura Vial .....	18
3.3.9.	Desarrollo de modelos probabilísticos de fatiga para el desempeño de pavimentos rígidos en Costa Rica.....	19
3.3.10.	Estimación del tiempo adecuado de curado de la emulsión asfáltica CRS-1 para iniciar el proceso de pavimentación de sobrecapas asfálticas en Costa Rica.....	19
3.3.11.	Fatiga de asfaltos a esfuerzo controlado .....	20
3.3.12.	Evaluación de la capacidad del proceso de producción de MAC TMN 12.5 mm y 19 mm	20
3.3.13.	Evaluación de la compatibilidad entre materiales de demarcación vial horizontal para la redemarcación sobre marcas existentes en carreteras de Costa Rica.	21
3.3.14.	Método Rheo+ para estimar la oxidación del asfalto relacionando el módulo de crossover y el cambio en la composición química .....	21
4.	Limitaciones.....	22
5.	Cronograma propuesto para las jornadas de investigación 2022.....	22
6.	Anexos .....	24
6.1.	Anexo 1: brochure para la divulgación del evento.....	24



## 1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta la información relacionada con las Jornadas de Investigación 2021, organizada por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR). Además de las investigaciones presentadas en la actividad, también se muestran aspectos de la organización y las distintas unidades del Programa de Infraestructura de Transporte (PITRA) y del LanammeUCR que jugaron un papel fundamental para la ejecución de la actividad.

Las Jornadas de Investigación 2021 responden directamente a las responsabilidades de transferencia de tecnología asignadas al LanammeUCR por la ley No. 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributaria. Adicionalmente, esta actividad permite hacer de conocimiento del público general otras investigaciones con las que la institución atiende las tareas encomendadas por la ley. Entre estas tareas se encuentran: investigación aplicada, actualización de normativa técnica, capacitación, evaluación de la red vial y puentes, entre otras.

Finalmente, las Jornadas de Investigación 2021 son una de las muchas actividades realizadas por el LanammeUCR que van de la mano con el marco estratégico de la Universidad de Costa Rica. Buscando siempre responder, de manera efectiva, a las necesidades del desarrollo integral de la sociedad costarricense y fortaleciendo los tres pilares de la Institución: docencia, investigación y acción social.

## 2. ORGANIZACIÓN DE LAS JORNADAS DE INVESTIGACIÓN 2021

La Unidad de Investigación en Infraestructura y Transporte (UIIT) se encargó de la organización de las Jornadas de Investigación 2021. Para esto, se invitó a participar no solo a las distintas unidades que conforman el PITRA, sino que también al Programa de Ingeniería Estructural, Programa de Ingeniería Geotécnica y, a los laboratorios de concreto y de mezclas asfálticas.

Adicionalmente, se contó con la colaboración especial de las unidades que se mencionan a continuación, en donde se explica a mayor profundidad el papel que desempeñaron en la actividad.

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero , 2022	Página 5 de 26
-----------------------------	--------------	----------------



## 2.1. COORDINACIÓN UNAT

La Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) tuvo un papel fundamental durante la planificación y ejecución de la actividad. En la planificación, la UNAT colaboró con la definición de la duración y de las modalidades a utilizar para la actividad. Es así como se definió que las Jornadas de Investigación 2021, a diferencia de la actividad del año anterior, contarían con una sección sincrónica en la que se pudiera establecer una conexión más directa con el público y facilitar la interacción.

Adicionalmente, la UNAT se encargó de impartir la sesión inaugural, en la que se presentaron los aspectos generales del Manual de Especificaciones en Infraestructura de Transporte. En esta sección participaron todas las integrantes de la unidad, explicando a detalle cada uno de los componentes del manual, dando énfasis en aquellos componentes que son menos conocidos.

## 2.2. COORDINACIÓN UTI

La Unidad de Tecnologías de la Información (UTI) del LanammeUCR participó de manera importante en la porción asincrónica de la actividad. Su participación se centró en actualizar y mejorar el sitio web que había sido utilizado para las Jornadas de Investigación 2020. Las tareas realizadas por la UTI en beneficio de las Jornadas de Investigación 2021 se detallan a continuación:

- Actualización del sitio web: el sitio web para las Jornadas 2021 se basó en el utilizado el año anterior. Sin embargo, era necesario actualizar gran cantidad de información, por ejemplo: diseño gráfico de la página, categorías de las investigaciones, videos correspondientes a las nuevas presentaciones, entre otros.
- Sección de preguntas: para mejorar la interacción con el público y facilitar la transferencia de conocimientos que anteriormente se daba a través de preguntas y respuestas mediante correo electrónico, para este año se planteó la necesidad de crear un espacio de preguntas y respuestas que pudiera ser observado por todos los usuarios. Este espacio fue implementado con éxito por la UTI, y la moderación y administración del mismo estuvo a cargo de personal de la UIIT.



### 2.3. COORDINACIÓN CTT

El Centro de Transferencia Tecnológica (CTT) también colaboró con las Jornadas de Investigación 2021, específicamente en el manejo técnico de las plataformas utilizadas para la actividad sincrónica, edición de videos, desarrollo de la línea gráfica de la actividad, manejo de las invitaciones, inscripciones y la coordinación con la Escuela de Ingeniería Civil.

### 2.4. COORDINACIÓN CON LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Para ampliar el alcance de la actividad se solicitó a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica que se incluyeran las Jornadas de Investigación 2021 en el programa de puntos conferencia de la Escuela.

El programa de puntos conferencia de la Escuela de Ingeniería Civil complementa los cursos obligatorios y optativos de la malla curricular, dándole al estudiantado oportunidades para ampliar su conocimiento en áreas como: tendencia académica, discusiones disciplinares, toma de decisiones, liderazgo, etc.

## 3. INVESTIGACIONES PRESENTADAS

Para mejorar la interacción con el público, las Jornadas de la Investigación 2021 se dividieron en una sección sincrónica, que fue expuesta mediante una reunión de Zoom; y una sección asincrónica, en la que las presentaciones pregrabadas se colocaron en la página web de las Jornadas. A continuación, se presenta una pequeña reseña de las investigaciones presentadas.

### 3.1. PRESENTACIONES SINCRÓNICAS (01/12/2021)

#### 3.1.1. Sesión inaugural: Generalidades del Manual de Especificaciones en Infraestructura de Transporte

**Presentan:** Raquel Arriola Guzmán, Vanessa Vega Padilla, Marianela Espinoza Alfaro, Mariana Rony Rojas, Noelia Campos Campos

#### **Resumen:**

En esta presentación inaugural se discuten aspectos generales de los 9 distintos volúmenes que conforman el Manual de Especificaciones, desarrollado por la Unidad de Normativa y Actualización Técnica del PITRA LanammeUCR en conjunto con el MOPT.

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero , 2022	Página 7 de 26
-----------------------------	--------------	----------------



La elaboración de este manual responde directamente a las responsabilidades que asigna la Ley N° 8114 al Laboratorio y su Reglamento al Artículo 6.

### 3.1.2. Desempeño y durabilidad de la demarcación vial horizontal en Costa Rica

**Presenta:** Javier Zamora Rojas

#### **Resumen:**

En Costa Rica, tradicionalmente se utilizaba la pintura base solvente (alquídica) para la demarcación vial. Posteriormente se introdujo la pintura base agua (alquídica), la cual ha tenido en muchos países un alto desempeño y se prefiere por sus contenidos no contaminantes en beneficio del ambiente y de las personas que la manipulan. En años recientes se introdujo al país material termoplástico, el cual se aplica en caliente y es de alto desempeño (bajo ciertas condiciones). Con este proyecto de investigación, el PITRA-LanammeUCR a través de su Unidad de Seguridad Vial y Transporte, busca generar conocimiento en el desempeño real de estas tres tecnologías de demarcación vial en Costa Rica y el comportamiento de los materiales en sí, principalmente a través del parámetro de la retrorreflexión.

Los resultados de esta investigación servirán de apoyo al trabajo que desde el año 2011 ha venido haciendo el Comité de Pinturas CTN-11 de INTECO, integrado por miembros del MOPT, del LanammeUCR, de los fabricantes de materiales de demarcación vial y de las empresas demarcadoras. El proyecto se realiza en varias fases. Como primer acercamiento al tema de la durabilidad de los materiales de demarcación vial en Costa Rica, se comenzó con 2 rutas nacionales y una ruta de travesía, demarcadas con pintura base agua, pintura base solvente y material termoplástico, en color blanco y amarillo. Las mediciones se llevaron a cabo con dos retrorreflectómetros, uno manual y uno móvil. Se llevaron a cabo comparaciones entre las mediciones con diferentes equipos, materiales y colores. En las siguientes fases del proyecto se incluirán rutas en varias partes del país, y se analizarán otros factores, tales como el factor climático, los volúmenes vehiculares, el tránsito de vehículos pesados, los anchos de carril, y todo el proceso de demarcación vial.

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero , 2022	Página 8 de 26
-----------------------------	--------------	----------------



### 3.1.3. Medición de percepción de la calidad de vida con respecto a la satisfacción con el transporte público en Costa Rica

**Presenta:** Jaime Allen Monge

#### **Resumen:**

El tema de movilidad ha ido adquiriendo mayor importancia para Costa Rica, por tanto, es relevante mejorar el sistema del transporte público en el país. Para determinar cuáles elementos del sistema de transporte público en Costa Rica afectan la calidad de vida, según la percepción del usuario, es necesario conocer su opinión respecto de las condiciones en que se le proporciona el servicio. Para la identificación de los componentes de la estructura del sistema de transporte público en Costa Rica que tienen una mayor afectación en la calidad de vida de sus usuarios, se analizaron los resultados de una encuesta de percepción sobre el efecto del uso del transporte público en la calidad de vida, este estudio se llevó a cabo por medio de un cuestionario aplicado a funcionarios y estudiantes de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Se utilizó como herramienta de análisis los Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM), los cuales son una herramienta estadística multivariada que permite estudiar la relación que hay entre variables latentes y observadas. Se verificó con el modelo de ecuaciones estructurales que la satisfacción con el uso del transporte público es un dominio que afecta la satisfacción con la calidad de vida, es decir, para los costarricenses la percepción de estar satisfechos con su calidad de vida se ve influenciada por la percepción de satisfacción que tengan del uso del transporte público.

### 3.1.4. Propuesta de especificación del parámetro JC-integral para la evaluación del desempeño a fatiga para mezclas asfálticas

**Presenta:** Wendy Sequeira Rojas

#### **Resumen:**

Actualmente, para medir la susceptibilidad a la fatiga de las mezclas asfálticas se utiliza usualmente el ensayo de la viga a flexotracción. Sin embargo, este ensayo posee una serie de limitaciones que dificultan su aplicación como ensayo de control de calidad. Esta investigación busca generar una especificación basada en el parámetro Jc, que se obtiene mediante el ensayo de flexión semicircular (SCB). Este ensayo es más rápido y

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero , 2022	Página 9 de 26
-----------------------------	--------------	----------------



sencillo, por lo que es un buen candidato para fungir como ensayo de control de calidad de las mezclas asfálticas.

Mediante análisis estadísticos, se correlacionaron los resultados de viga a flexión con los de flexión semicircular y se encontraron límites de fractura equivalentes a las especificaciones establecidas en el manual CR-2010. Sin embargo, los límites establecidos eran bastante altos y se presentan únicamente a manera de recomendación para dar pie a futuras investigaciones.

### 3.2. PRESENTACIONES SINCRÓNICAS (02/12/2021)

#### 3.2.1. Desarrollo de un modelo empírico de deslizamientos con la Universidad de Indiana y Rutgers

**Presenta:** Paulo Ruiz Cubillo

**Resumen:**

Este proyecto se realiza en conjunto con personal de la Universidad de Rutgers y de la Universidad de Indiana. Su objetivo es adaptar el modelo de probabilidades de deslizamientos generado por la Universidad de Indiana a las características locales en Costa Rica. Este modelo utiliza regresión logística de los factores más influyentes en la formación de deslizamientos disparados por sismos y será aplicado en primer lugar a las rutas de montaña más importantes en Costa Rica.

Adicionalmente, se establece un protocolo de evaluación de taludes y también para el levantamiento de información de deslizamientos que será utilizada para alimentar el catálogo. También se evaluarán los taludes que tengan deslizamientos, inestabilidades o que presenten un riesgo para los usuarios. Finalmente se compartirá la información con los cuerpos de socorro costarricenses para aportar a la toma de decisiones de estas entidades ante la posibilidad de terremotos que generen deslizamientos.



### 3.2.2. Propuesta de Regionalización Costa Rica

**Presenta:** Sharline López Ramírez, Lilly Xu Ye

**Resumen:**

Este proyecto busca elaborar una propuesta de regionalización para Costa Rica desde un enfoque sistemático, identificando y considerando variables socioeconómicas y biofísicas georreferenciables. La regionalización oficial que se utiliza actualmente data del 1978 y su objetivo era mejorar la planificación y cohesión del territorio nacional, así como facilitar la comunicación interinstitucional y un desarrollo más equitativo entre las regiones. La nueva regionalización tiene a la infraestructura vial como eje fundamental, pues en Costa Rica esta red permite satisfacer las necesidades alimenticias, laborales y de salud de sus ciudadanos y tiene un impacto significativo en su calidad de vida.

Sin embargo, existe una brecha significativa en el desarrollo y la oferta de bienes y servicios entre las distintas regiones costarricenses. Además, con el paso del tiempo ha habido cambios significativos en el ámbito socioeconómico y biofísico de las distintas regiones, por lo que se vuelve necesario generar una regionalización que responda a estos cambios. Esta nueva regionalización permitirá gestionar el territorio, brindando servicios de manera más uniforme e incentivando el desarrollo de las potencialidades específicas de cada región.

### 3.2.3. Desarrollo de ecuaciones de transferencia para la predicción de deterioros en las capas granulares de una estructura de pavimento

**Presenta:** Gustavo Badilla Vargas

**Resumen:**

En Costa Rica se realiza una inversión importante en la conservación de la red vial pavimentada; sin embargo, históricamente las intervenciones se han determinado por medio de una metodología que tiende a sobreestimar los diseños, aumentando los costos de construcción y por consecuencia, disminuyendo la eficiencia en el uso de los recursos públicos. Es por esta razón que el LanammeUCR continúa desarrollando investigaciones que permitan ampliar el conocimiento de las propiedades físicas, mecánicas y químicas



de los materiales propios de nuestro medio, para garantizar un uso adecuado de estos y mejorar los diseños mediante un enfoque mecánico-empírico.

Específicamente, esta investigación busca generar ecuaciones de transferencia capaces de predecir el deterioro en las capas de subrasante, capas granulares y estabilizadas con cemento en una estructura de pavimento. Para esto, se realiza la caracterización de los materiales típicos en Costa Rica, se evalúa el comportamiento mecánico de estos, se generan modelos matemáticos para cuantificar deterioros y finalmente se calibran estos modelos utilizando datos de campo o de ensayos acelerados a escala real.

#### 3.2.4. Aplicación web para diseño de sistemas de contención vehicular

**Presenta:** Stephan Rodríguez Shum

**Resumen:**

En Costa Rica, la principal causa de muerte en ciudadanos jóvenes y adultos jóvenes son los accidentes viales. Adicionalmente, de acuerdo con registros del Consejo de Seguridad Vial, los accidentes relacionados con las salidas de las vía, vuelco o colisión con objeto fijo, constituyen una cuarta parte del total de los accidentes con víctimas fatales en nuestro país. Justamente es en estos eventos en los que los dispositivos de contención vehicular tienen una mayor incidencia.

Esta investigación tiene como finalidad desarrollar una herramienta especializada que facilite el proceso de análisis de los márgenes de carretera, el procedimiento de selección y diseño de los sistemas de contención vehicular bajo los criterios establecidos en el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes en carreteras.

#### 3.2.5. Correlación de los resultados de ensayo de flexión en 4 puntos con distintos parámetros del ensayo de flexión semicircular

**Presenta:** Gianluca Corazzari Herrera

**Resumen:**

Este proyecto se enfocó en analizar la correlación entre los resultados del ensayo de flexión en 4 puntos y el ensayo de flexión semicircular (SCB), así como la relación de



estos resultados de ensayo con los parámetros volumétricos de la mezcla y un análisis de la variabilidad de estos procedimientos. La finalidad de este trabajo era generar límites de fatiga de mezcla asfáltica, congruentes con los establecidos en el CR-2010 para el ensayo de flexión en 4 puntos, pero, en términos del ensayo SCB.

Para esto, se realizó una revisión del estado de la cuestión en materia de fatiga de mezcla asfáltica y de la relación de estos resultados de ensayo. Seguidamente se recolectaron resultados de ensayo disponibles en el LanammeUCR para aquellas muestras a las que se les haya realizado tanto el ensayo de flexión en 4 puntos como el ensayo de flexión semicircular. Una vez se obtuvieron los datos, se procedió a analizar la variabilidad de los resultados de ensayo, así como sus correlaciones entre sí y con los parámetros volumétricos.

### 3.2.6. Metodología para la evaluación de IRI por medio de VANT (drones)

**Presenta:** Jorge Cruz Toribio

#### **Resumen:**

Los esfuerzos y la inversión en infraestructura vial deben ir de la mano con un desarrollo adecuado de herramientas de gestión de pavimentos que permitan mantener las estructuras en buen estado y evitar la aplicación de mantenimientos reactivos. Este tipo de mantenimiento se traduce en mayores costos de las intervenciones y un menor nivel de servicio a los usuarios.

Un enfoque proactivo en el mantenimiento de la red vial implica un monitoreo constante del estado de los pavimentos, utilizando indicadores que permitan predecir su comportamiento a futuro. El Índice de Regularidad Internacional (IRI) es uno de los indicadores más conocidos para medir la calidad de la superficie de rodamiento y es utilizado en el control, aceptación y recepción de proyectos nuevos y de rehabilitaciones.

El objetivo de esta investigación es desarrollar una metodología que permita calcular el Índice de Regularidad Internacional en pavimentos mediante imágenes obtenidas de un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT). Para esto se calculará el IRI mediante equipos de alta precisión para establecer una referencia, con la que se compararán los resultados de IRI obtenidos mediante el uso de distintos modelos de VANT. La aplicación de esta

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero , 2022	Página 13 de 26
-----------------------------	--------------	-----------------



técnica permite realizar la medición de IRI sin poner en riesgo la vida de los inspectores y minimizando el impacto al tránsito vehicular y a los usuarios.

### 3.3. PRESENTACIONES ASINCRÓNICAS

#### 3.3.1. Guía de Diseño de Pavimentos Tomo I

**Presenta:** Eliécer Arias Barrantes

**Resumen:**

Esta investigación busca generar una propuesta de guía para el diseño de pavimentos flexibles y semirrígidos, utilizando conceptos mecanístico-empíricos. En Costa Rica actualmente no existe una guía con estas características y, su desarrollo y oficialización permitiría mejorar la incertidumbre alrededor del diseño de pavimentos que usualmente se llevan a cabo mediante guías internacionales con componentes mayoritariamente empíricos.

Para la propuesta se definieron factores de calibración locales obtenidos de información local e información obtenida de 4 tramos de ensayo utilizados con el simulador de vehículos pesados (HVS) del LanammeUCR.

La propuesta define distintas categorías de diseño de acuerdo con la importancia del proyecto y a partir de estos niveles se establecen requisitos del nivel de análisis. A partir de esto se obtiene una estructura inicial, que luego se verifica de manera iterativa mediante la revisión del desempeño, utilizando un enfoque mecanístico-empírico.

#### 3.3.2. Guía de Diseño de Pavimentos Tomo II

**Presenta:** Eliécer Arias Barrantes

**Resumen:**

Este proyecto busca generar una guía para el diseño simplificado de proyectos que se puedan clasificar como de bajo volumen. El diseño simplificado permite apoyar al diseñador, presentando diseños que cumplan con estándares de calidad y que puedan satisfacer las necesidades de carga del proyecto.

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero , 2022	Página 14 de 26
-----------------------------	--------------	-----------------



Las rutas de bajo volumen históricamente se han diseñado siguiendo únicamente criterios económicos, lo que usualmente genera estructuras que no satisfacen los requisitos mecánicos de las estructuras. Por consecuencia, es usual que estos diseños fallen anticipadamente, requiriendo nuevos recursos para su mantenimiento o reparación.

Las estructuras que se pueden diseñar utilizando la guía simplificada están dentro de la categoría de diseño 3 de la GDP (Tomo I). El límite de ESALs para su aplicación es de 1.5 millones, y en total se realizaron 375 modelaciones para los materiales y se analizó el desempeño ante ahuellamiento, fatiga en BE, área agrieta y longitud de grietas de 90 estructuras de pavimentos.

### 3.3.3. Guía de Diseño de Pavimentos Tomo III

**Presenta:** Eliécer Arias Barrantes

**Resumen:**

Esta investigación busca generar una guía para el diseño de pavimentos rígidos, incorporando componentes mecanístico-empíricos. En Costa Rica históricamente se han diseñado pavimentos rígidos utilizando guías con enfoque empírico, por ejemplo, la AASHTO 93. Sin embargo, este enfoque no permite contemplar información fundamental como la ubicación de las cargas, condiciones climáticas propias de la zona del proyecto y los criterios de desempeño locales.

El alcance de este proyecto se enfocó en la revisión exhaustiva de guías internacionales que incluyen conceptos que pueden aplicarse a nuestro país. También se tomaron en cuenta conceptos expuestos en la guía AASHTO 93 y su complemento, así como literatura del diseño y análisis de pavimentos. No se calibraron los modelos y ecuaciones de estas guías, pero sí se realizaron revisiones y comparaciones para su correcta implementación en el ámbito local. Se obtuvieron factores camión actualizados para pavimentos rígidos en Costa Rica.



### 3.3.4. Calibración de un sistema de pesaje de vehículos pesados en movimiento a partir de puentes (BWIM) en la Ruta Nacional 1

**Presenta:** Gerald Abarca Mora (egresado EIC)

#### **Resumen:**

El pesaje de vehículos pesados en movimiento a partir de puentes se basa en la onda de respuesta y la deformación asociada a cualquier vehículo sobre una estructura de un puente. Estas respuestas de la estructura se obtienen mediante la instrumentación de la parte inferior de puentes con sensores en las vigas o en el tablero, y se pueden utilizar para estimar el peso de los vehículos pesados que pasan por la estructura.

Para la investigación se utilizaron datos de la estación de pesaje permanente de Cañas, sobre la Ruta Nacional 1 y se instrumentó, con sensores de deformación unitaria agrupados en rosetas a 45° y acelerómetros, el antiguo puente sobre el Río Desjarretado. Además, se utilizaron dos vehículos de calibración con características conocidas (C2 y C3).

El sistema BWIM implementado presentó resultados satisfactorios para los vehículos tipo C2 y C3, después de comparar los pesos estimados mediante la metodología BWIM y los datos obtenidos mediante la estación de pesaje.

### 3.3.5. Diseño, construcción y evaluación del desempeño de mezcla modificada con material de desecho

**Presenta:** Eliécer Arias Barrantes

#### **Resumen:**

Este proyecto pretende analizar el desempeño a escala natural de una mezcla asfáltica modificada con materiales de desecho, tales como plásticos PET (Tereftalato de polietileno) y PEAD (Polietileno de alta densidad). El uso de estos materiales es una importante iniciativa para la reducción y el aprovechamiento de desechos no biodegradables.

El proyecto incluye la construcción de 6 pistas de ensayo (dos por cada material modificado y dos de control), utilizando equipos y procedimientos que se utilizan

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero, 2022	Página 16 de 26
-----------------------------	-------------	-----------------



comúnmente en campo. Estas pistas serán valoradas para verificar si su desempeño a escala real concuerda con el desempeño observado en otros ensayos a menor escala, y si su desempeño cumple con requerimientos mínimos para su uso en proyectos viales.

### 3.3.6. Monitoreo del desempeño de pavimentos a largo plazo de Costa Rica (DPLP-CR)

**Presenta:** Eliécer Arias Barrantes

**Resumen:**

El programa de Desempeño de pavimentos a largo plazo de Costa Rica (DPLP-CR) busca desarrollar un modelo similar al que se ha implementado exitosamente en Estados Unidos y Canadá con el proyecto del LTTP (Long Term Pavement Performane), en el cual se realiza un monitoreo a largo plazo de los pavimentos y se genera una base de datos del desempeño y comportamiento de las estructuras de pavimentos ante cargas reales y la exposición a elementos medioambientales.

Inicialmente, se han seleccionado 26 secciones de control en diferentes ubicaciones del país, sometidos a diferentes condiciones de tráfico y clima. A estos tramos se les realizan ensayos no destructivos de forma periódica que se acompañan de auscultaciones visuales en sitio (PCI). Adicionalmente, se han instrumentado 2 sitios sobre la red vial nacional para complementar los datos de desempeño con las respuestas mecánicas del pavimento. También se han instrumentado algunos sitios con estaciones climáticas.

Adicionalmente, este proyecto se complementa con un sitio web en el que se compilará y se pondrá a disposición del público toda la información obtenida. También se espera poner a disposición la información en tiempo real proveniente de las estaciones climáticas. Esta información será de gran utilidad para comprender el desempeño de los pavimentos costarricenses y para crear herramientas de gestión. Además, permitirá calibrar con datos específicos para Costa Rica los parámetros y ecuaciones utilizadas para el análisis y diseño de pavimentos.



### 3.3.7. Diseño de una recámara de oxidación acelerada de asfaltos

**Presenta:** Alejandra Baldi Sevilla

**Resumen:**

Se propone diseñar una recámara que permita simular las condiciones ambientales que experimentan los pavimentos como la humedad, variaciones de temperatura y la radiación ultravioleta, que no se toman en cuenta en otros procedimientos tradicionales para oxidar el asfalto en el laboratorio (tales como el RTFO y PAV).

Este proyecto generará conocimientos reológicos y químicos que permitirán caracterizar el avance de la oxidación en los asfaltos y determinar cómo este material se comportará durante su puesta de servicio bajo las condiciones propias del clima costarricense. Para esto, se compararán muestra oxidadas de manera natural (expuestas a la intemperie) con muestras que se han oxidado utilizando diversos métodos acelerados en el laboratorio.

### 3.3.8. Revista Infraestructura Vial

**Presenta:** Alejandra Baldi Sevilla

**Resumen:**

La revista Infraestructura Vial responde directamente a la Ley N° 8114: Ley de simplificación y eficiencia tributaria, que establece que el LanammeUCR utilizará como mecanismo de divulgación de conocimiento a la revista. Esta revista será publicada anualmente y presentará los hallazgos relacionados con la infraestructura vial en el ámbito nacional y regional.

En la actualidad la revista Infraestructura Vial admite los siguientes tipos de artículos: artículos científicos, artículos de revisión bibliográfica, artículos de opinión, casos de estudio, artículos técnicos y cartas al editor. La revista se publica semestralmente, no tiene costos de publicación y cuenta con sistema de evaluación por pares doble ciego, garantizando total transparencia en el proceso de revisión.

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero , 2022	Página 18 de 26
-----------------------------	--------------	-----------------



### 3.3.9. Desarrollo de modelos probabilísticos de fatiga para el desempeño de pavimentos rígidos en Costa Rica

**Presenta:** Luis Carlos Messeguer Quesada

#### **Resumen:**

Este proyecto busca desarrollar modelos de predicción de fatiga que permitan utilizar metodologías modernas de diseño y que mejoren el desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica. Históricamente en Costa Rica, se ha utilizado metodologías de diseño desarrolladas hace más de 60 años y que tienen una base empírica. Con este proyecto se podrá incursionar en diseños de pavimentos rígidos con enfoques mecanístico-empíricos, utilizando ecuaciones calibradas específicamente para las condiciones nacionales.

Para esto, el proyecto consta de distintas etapas, entre las cuales están: caracterización de materiales, ensayos mecánicos, análisis estadístico, desarrollo de modelos de predicción para cada material y propuesta del modelo único de predicción de fatiga.

### 3.3.10. Estimación del tiempo adecuado de curado de la emulsión asfáltica CRS-1 para iniciar el proceso de pavimentación de sobrecapas asfálticas en Costa Rica

**Presenta:** Sergio Guerrero Aguilera

#### **Resumen:**

Esta investigación pretende estimar el tiempo adecuado de curado para una emulsión asfáltica catiónica de rompimiento rápido de baja viscosidad, bajo condiciones controladas de laboratorio. En la actualidad no hay investigaciones que indiquen el tiempo adecuado que se le debe dar a la emulsión asfáltica para iniciar el proceso de pavimentación, lo que usualmente se traduce en la aplicación de prácticas constructivas inadecuadas que pueden afectar significativamente la vida útil del pavimento.

Para cuantificar la pérdida de emulsión asfáltica que se levanta con el paso de los vehículos, se utilizó un rodillo con anillos de hule como el que se emplea en la norma ASTM D711 para la determinación del tiempo de no levantamiento de la pintura utilizada en demarcación horizontal. En la investigación, se hizo pasar dicho rodillo sobre bloques



de mezcla asfáltica cubiertos con una capa de emulsión, y se cuantificó el cambio en la masa del bloque después de cada pasada del rodillo.

### 3.3.11. Fatiga de asfaltos a esfuerzo controlado

**Presenta:** Rafael Ernesto Villegas Villegas

#### **Resumen:**

Tradicionalmente, se ha estudiado la fatiga a deformación controlada, debido a que es un modo de ensayo conveniente para el usuario: se simplifican los ajustes reométricos del ensayo y la fácil calibración del equipo para obtener deformaciones constantes.

Sin embargo, el ensayo a deformación constante no aplica cargas congruentes a materiales con distintos módulos, por lo que se penaliza con mayores cargas a aquellos materiales que tienen mayor módulo. Además, en este modo de ensayo no se suele observar una caída abrupta en el módulo del material, tal y como se espera observar en un material que ha sufrido daño por fatiga.

En esta investigación se compararon ambos métodos de ensayo, pudiendo observar que en el modo de esfuerzo controlado el asfalto sí muestra el comportamiento de caída abrupta de módulo que se espera ante un daño por fatiga. También se pudo observar el efecto que tiene la oxidación del asfalto en su comportamiento ante la fatiga.

### 3.3.12. Evaluación de la capacidad del proceso de producción de MAC TMN 12.5 mm y 19 mm

**Presenta:** Víctor Hugo Cervantes Calvo

#### **Resumen:**

Este proyecto utilizó herramientas de análisis estadístico para definir si los procesos de producción de mezcla asfáltica son capaces de fabricar un producto que cumpla con los límites de especificación. Para esto, se analizaron reportes de laboratorio de 6 centros de producción de mezcla asfáltica (883 informes para MAC de 12.5 mm y 1770 para MAC de 19 mm), con fechas desde enero hasta diciembre del 2019.

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero , 2022	Página 20 de 26
-----------------------------	--------------	-----------------



Se utilizaron herramientas que permiten cuantificar la capacidad del proceso de producción de MAC, tales como el índice de capacidad de proceso (IPp) y el índice de capacidad real del proceso (IPpk).

### **3.3.13. Evaluación de la compatibilidad entre materiales de demarcación vial horizontal para la redemarcación sobre marcas existentes en carreteras de Costa Rica.**

**Presenta:** Sandra Solórzano Murillo

#### **Resumen:**

Este proyecto incluyó una fase teórica que propuso una matriz de compatibilidad de materiales para demarcación utilizados en Costa Rica y, una fase experimental que permitió validar la matriz propuesta y evaluar la adherencia entre los materiales utilizando el equipo Patti Quantum Gold. Esta investigación responde a la necesidad de desarrollar normativa y criterios técnicos en el área del mantenimiento de demarcación vial.

Esta investigación permitió unificar información publicada por distintas agencias internacionales mediante la elaboración de la matriz de compatibilidad general. Específicamente para Costa Rica, se estableció una matriz con los materiales más utilizados: material termoplástico y pintura base solvente. También se logró estudiar el comportamiento de la retroreflectividad y la evolución del desgaste para cada combinación de materiales de la matriz.

### **3.3.14. Método Rheo+ para estimar la oxidación del asfalto relacionando el módulo de crossover y el cambio en la composición química**

**Presenta:** Rafael Ernesto Villegas Villegas

#### **Resumen:**

Tradicionalmente, la fatiga se asociaba principalmente a pavimentos que experimentaban muy bajas temperaturas. Sin embargo, el fenómeno de fatiga de la mezcla asfáltica se observa también en regiones con climas tropicales o menos extremos. En el laboratorio se ha observado que los asfaltos también sufren fatiga a temperaturas intermedias debido a cambios en su composición química. El método de Rheo+ realiza un barrido en el

Informe LM-PI-UIIT-002-2022	enero , 2022	Página 21 de 26
-----------------------------	--------------	-----------------



reómetro y permite analizar, mediante parámetros reológicos, el estado químico del material.

#### 4. LIMITACIONES

La emergencia sanitaria por el Covid-19 afectó el quehacer investigativo en el LanammeUCR. Sin embargo, fieles a las obligaciones que establece la Ley 8114 en su artículo 6 y en el capítulo VI, el PITRA logró llevar a cabo de manera satisfactoria las Jornadas de Investigación 2021. Debido a las disposiciones sanitarias del Ministerio de Salud y las afectaciones presupuestarias, muchas investigaciones experimentaron atrasos que limitaron su participación en las Jornadas de Investigación 2021.

Sumado a las limitaciones de tiempo y presupuesto, las medidas de distanciamiento social establecieron la necesidad de llevar a cabo las Jornadas de Investigación 2021 de manera virtual. Este hecho limita en gran manera la interacción de los investigadores con el público, y también la interacción entre los asistentes a la actividad. Para sortear estas limitaciones, se planteó realizar la jornada en 2 secciones: una sincrónica y otra asincrónica, además de la implementación del espacio para preguntas y respuestas en la página web de las jornadas.

#### 5. CRONOGRAMA PROPUESTO PARA LAS JORNADAS DE INVESTIGACIÓN 2022

En el siguiente cuadro se muestra el cronograma propuesto para la actividad en el 2022, iniciando la planificación dos meses y medio previo al inicio de la actividad. La coordinación con la UTI y el CTT y la comunicación con los coordinadores de las distintas unidades iniciará dos meses antes de la actividad. Finalmente, el envío de los lineamientos a los coordinadores se dará un mes antes de la fecha límite para el envío de las presentaciones.



Cuadro 1. Cronograma propuesto Jornadas de Investigación 2022

Fecha propuesta	Actividad	Responsable
31/08/2022	Reunión inicial UIIT-UNAT para el planteamiento de la actividad y sus necesidades	UIIT, UNAT
14/09/2022	Coordinación UIIT-UTI-CTT sobre las necesidades de la actividad	UIIT
14/09/2022	Invitación a participar en las Jornadas de Investigación 2022 a los coordinadores de las unidades PITRA y otros programas del LanammeUCR	UIIT
14/09/2022	Coordinadores informan al personal de sus respectivas unidades sobre las Jornadas de Investigación	Coordinadores unidades
21/09/2022	Coordinadores envían la lista de investigaciones que serán presentadas en las Jornadas de Investigación	Coordinadores unidades
28/09/2022	Envío de los lineamientos a los investigadores	UIIT
26/10/2022	Fecha límite para que los investigadores entreguen los videos y el resumen de la investigación	Investigadores
16/11/2022	Jornadas sincrónicas	UIIT, Investigadores



## 6. ANEXOS

### 6.1. ANEXO 1: BROCHURE PARA LA DIVUGACIÓN DEL EVENTO

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

LanammeUCR  
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

# Jornadas de Investigación 2021

## Ley 8114

01 y 02 de diciembre de 2021, de 1 p.m. a 5 p.m. (presentaciones sincrónicas)  
03 al 17 de diciembre de 2021, (presentaciones asincrónicas)

#### Objetivo General

Dar a conocer los proyectos de investigación que se están ejecutando durante el 2021 por parte de los programas del LanammeUCR, con el fin de informar a la comunidad nacional en aras de cumplir con lo estipulado en la Ley 8114.

Modalidad virtual

**Inscripción**

#### Objetivos Específicos

- Presentar los proyectos de investigación que desarrollan actualmente los programas del LanammeUCR, con el fin de divulgar los resultados obtenidos a la fecha.
- Generar transferencia de conocimiento a la comunidad nacional, con el fin de que sea aplicado posteriormente en el ámbito de su competencia.

Dirigido a toda la comunidad nacional

Información e inscripciones: (506) 2511-2519 [capacitacion.lanamme@ucr.ac.cr](mailto:capacitacion.lanamme@ucr.ac.cr)





### Cronograma de la Jornada Sincrónica

Horario	01 de Diciembre 2021	02 de Diciembre 2021
1:00 p.m. - 1:15 p.m.	<b>Apertura de la actividad</b> Ana Luisa Elizondo, Coord. PITRA LanammeUCR	<b>Segundo bloque de presentaciones:</b> 1. Desarrollo de un modelo empírico probabilístico de deslizamientos con la Universidad de Indiana y Rutgers, Paulo Ruiz. 2. Medición de percepción de la calidad de vida con respecto a la satisfacción con el transporte público en Costa, Jaime Allen. 3. Desarrollo de ecuaciones de transferencia para la predicción de deterioros en las capas granulares de una estructura de pavimento, Gustavo Badilla.
1:15 p.m. - 3:00 p.m.	<b>Sesión Inaugural:</b> Generalidades del Manual de Especificaciones en Infraestructura de Transporte, Raquel Arriola	
3:00 p.m.- 3:15 p.m.	Descanso	Descanso
3:15 p.m. - 5:00 p.m.	<b>Primer bloque de presentaciones:</b> 1. Desempeño y durabilidad de la demarcación vial horizontal en Costa Rica- Javier Zamora. 2. Propuesta de Regionalización Costa Rica-Sharline López. 3. Propuesta de especificación del parámetro JC-integral para la evaluación del desempeño a fatiga para mezclas asfálticas, UAT.	<b>Tercer bloque de presentaciones:</b> 1. Aplicación web para diseño de sistemas de contención vehicular, Stephan Rodríguez. 2. Correlación de los resultados de ensayo de flexión en 4 puntos con distintos parámetros del ensayo de flexión semicircular, Gianluca Corazzari. 3. Metodología para la evaluación de IRI por medio de VANT (Drones), Jorge Cruz Toribio.

### Jornada Asincrónica (Del 03 al 17 de diciembre de 2021)

[www.lanamme.ucr.ac.cr/jornadas](http://www.lanamme.ucr.ac.cr/jornadas)

1. Desarrollo de ecuaciones de transferencia para la predicción de deterioros en las capas granulares de una estructura de pavimento. Badilla-Vargas, Gustavo.
2. Desarrollo de modelos probabilísticos de fatiga para el desempeño de pavimentos rígidos. Messeguer-Quesada, Luis y Sequeira-Rojas, Wendy.
3. Avances en investigación con bases estabilizadas con cemento. Valerio-Salas, Oscar.
4. Propuesta de especificación del parámetro JC-integral para la evaluación del desempeño a fatiga para mezclas asfálticas. Sequeira-Rojas, Wendy.
5. Estimación del tiempo adecuado de curado de la emulsión asfáltica para iniciar el proceso de pavimentación de sobre capas asfálticas en Costa Rica. Guerrero-Aguilera, Wendy.
6. Evaluación de la capacidad del proceso de producción de mezcla asfáltica colocada en proyectos de conservación vial en Costa Rica. Cervantes-Calvo, Víctor.
7. Desempeño y durabilidad de la demarcación vial horizontal en Costa Rica. Zamora-Rojas, Javier.
8. Aplicación web para diseño de sistemas de contención vehicular. Rodríguez-Shum, Stephan.

Jornadas de  
Investigación **2021**  
Ley 8114



9. Evaluación de la compatibilidad entre materiales de demarcación vial horizontal para la redemarcación sobre señales horizontales ya existentes en carreteras de Costa Rica. (TFG Quesada-Guerrero, Juan Pablo); Solórzano-Murillo, Sandra.
10. Análisis de interacciones y conflictos viales de forma semiautomatizada en intersecciones de Montes de Oca y Curridabat. (TFG Soto Guerrero, Anie); Zamora-Rojas, Javier
11. Evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales en rutas cantonales. Xu-Ye, Lilly; Guzmán-Navarro, Josué.
12. Reutilización de materiales en los pavimentos de rutas cantonales. Xu-Ye, Lilly; Allen-Monge, Jaime.
13. Manual de mantenimiento y preservación de puentes cantonales. Quesada-Campos, Josué.
14. Guía simplificada de diseño de puentes cortos en vías cantonales. Quesada-Campos, Josué.
15. Herramientas digitales de apoyo para inspectores viales municipales. Quesada-Campos, Josué.
16. Propuesta de Regionalización Costa Rica. López-Ramírez, Sharline.
17. Generación de una metodología para determinar la condición del pavimento flexible mediante Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM). Xu-Ye, Lilly; Allen-Monge, Jaime; Barrantes-Jiménez, Roy; Valverde-Cordero, Christian.
18. Desarrollo de un modelo empírico probabilístico de deslizamientos con la Universidad de Indiana y Rutgers. Ruiz-Cubillo, Paulo.
19. Metodología para la evaluación de IRI por medio de VANT (Drones). Cruz-Toribio, Jorge.
20. Generalidades del Manual de Especificaciones en Infraestructura de Transporte. Arriola-Guzmán, Raquel.
21. Método Rheo+ para estimar la oxidación del asfalto relacionando el módulo de crossover y el cambio en la composición química. Villegas-Villegas, Ernesto.
22. Fatiga de asfaltos a esfuerzo controlado. Villegas-Villegas, Ernesto.
23. Diseño de una recámara de oxidación acelerada de asfaltos. Baldi-Sevilla, Alejandra.
24. Infraestructura Vial: Un acercamiento a nuestra revista. Baldi-Sevilla, Alejandra.
25. Medición de percepción de la calidad de vida con respecto a la satisfacción con el transporte público en Costa Rica. Allen-Monge, Jaime.
26. GDP Tomos I, II y III. Arias-Barrantes, Eliécer.
27. Pavimentos Verdes. Arias-Barrantes, Eliécer.
28. Desempeño de pavimentos a largo plazo DPLP-CR. Arias-Barrantes, Eliécer.
29. Correlación de los resultados de ensayo de flexión en 4 puntos con distintos parámetros del ensayo de flexión semicircular. Corazzari-Herrera, Gianluca.