



# VIALIDAD Y TRANSPORTE

LATINOAMERICANO

Edición internacional  
Año 1 - Nº 01  
Enero - Marzo 2015  
Lima, Perú

Historia  
de las carreteras

Seguridad vial  
La hoja de ruta  
del IV CISEV

Tecnología  
Emulsiones  
modificadas con  
polvo de neumático

## Las concesiones viales

Una mirada a la experiencia peruana





SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

**ESPECIALISTAS EN INGENIERÍA, SUMINISTRO E INSTALACIÓN**

Ofrecemos **soluciones integrales de ingeniería** rentables e innovadoras para la industria minera. Más de 22 años de experiencia y compromiso son nuestro respaldo.



MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE  
Geomallas



PAVIMENTACIÓN  
Asfaltos Modificados



SEGURIDAD VIAL  
Barreras Metálicas



INTERCAMBIOS VIALES  
Sistema de Muro Ares

**Contenido**

**p06**

**Concesiones viales**

La infraestructura vial reviste enorme importancia para el desarrollo y en ese contexto es vital la participación privada.

**p12**

**Concesiones en Chile**

¿Por qué el Estado ha tenido que invertir en infraestructura vial? Hay al menos 5 razones relevantes.



**p16**

**Los retos del decenio**

La inseguridad vial es la principal causa de los accidentes de tránsito, tanto en el ámbito urbano como en las carreteras. En el Perú ésta va creciendo paulatinamente sin que se vislumbre una solución a corto plazo.

**p24**

**Juntos podemos salvar vidas**

El IV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial acordó hoja de ruta destinada a buscar soluciones al problema.

**p34**

**La importancia de las geomallas**

La aplicación de geomallas tiene impactos positivos en lo económico, reduciendo volúmenes de movimiento de tierras.

**p42**

**Uso del polvo de neumáticos**

En España, una norma establece la posible utilización de los neumáticos en desuso para las mezclas bituminosas.

**p62**

**El puente más largo del Perú**

Está sobre el río Madre de Dios, a las puertas de Puerto Maldonado. Forma parte de la Carretera Interoceánica del Sur.

**p74**

**Historia de las carreteras**

El aumento de tamaño y densidad de las poblaciones hizo surgir las primeras carreteras en el mundo.



DIRECTOR: Ing. Jorge Lazarte Conroy  
GERENTE: Adrián Honorio

PRODUCCION EDITORIAL: G7 consultores SAC

COLABORADORES: Nuria Querol, Marco Montalvo, Valeriano Zorio, Carlos Chang, Augusto Alza, Francisco Ghisolfo, Pedro Laynez, Ignacio Basombrio, Elio Galessio, Enrique Cáceres

DISEÑO Y DIAGRAMACION: Ronald Cossio Q.

OFICINA DE REDACCION: Dirección: Jr. Montecarlo 260 - 402 - Surco. Teléfono: 372 3637 E-mail: revista@vialidadytransporte.com

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-02266

Impreso por: GRÁFICA JHORBI S.A.C. Jr. Callao N° 236, Lima - Perú

www.vialidadytransporte.com

Es una publicación de JORLACO EDICIONES S.A.C.  
EDICIÓN INTERNACIONAL - DISTRIBUCIÓN GRATUITA

Los artículos firmados son de responsabilidad exclusiva del autor.



## Editorial



Ing. Jorge Lazarte Conroy

**V**IALIDAD Y TRANSPORTE LATINOAMERICANO, es una publicación internacional que nace teniendo en cuenta que en los últimos años, en Latinoamérica y en el Perú en particular, se ha tenido una bonanza económica importante. Esta expansión originó un despegue económico exponencial y ocasionó el crecimiento del parque automotor que trajo consigo diversos problemas a la vialidad y al transporte, generando fenómenos preocupantes como la inseguridad vial y el tener que adecuarse a las nuevas tecnologías en los diseños y construcciones viales, entre otros

En el campo de la infraestructura y el transporte los retos son cotidianos. Cada día se deben resolver infinidad de problemas, desafíos, inconvenientes, innovaciones, etc., son los retos que la vialidad y el transporte deben enfrentar y ofrecer soluciones en un mundo cada vez más tecnificados con los transportes multimodales y más comunicado, a través de las redes sociales, la telefonía e internet.

Lo más importante de esta visión global y comunicacional es estar preparados para la evolución y aceptar el cambio continuo. La innovación está siempre un paso más adelante que nuestras acciones. Todo es tan efímero, tan cambiante y muy difícil seguir la evolución de las ideas.

Varios de los países de la región y de otras partes del mundo soportan la misma situación y tratan de encontrar soluciones al problema de la vialidad y el transporte. Algunos están caminando por el sendero correcto y pueden exhibir logros

importantes en este campo, experiencias muchas veces poco difundidas..

Por supuesto que en Latinoamérica y en el Perú en particular, también existen investigaciones en busca de soluciones a la problemática de la vialidad y el transporte que requieren ser promovidas para conocimiento de las autoridades y la sociedad en general.

La revista VIALIDAD Y TRANSPORTE LATINOAMERICANO, tanto en la versión impresa como on line, surge con el objetivo de canalizar el intercambio de ese tipo de informaciones y experiencias, y servir como una tribuna abierta al debate alturado y técnico en torno a las perspectivas y posibilidades en el Sector.

La revista VIALIDAD Y TRANSPORTE LATINOAMERICANO pretende servir de canal para recoger las más diversas opiniones en torno a ese tema y a otros de interés nacional y latinoamericano como es el caso de la Seguridad Vial y las nuevas tecnologías en el sector.

En los próximos meses iremos dando a conocer novedades. Esperamos así cumplir con mayor ahínco los objetivos de la revista para la propia colectividad involucrada en la vialidad y el transporte a nivel nacional y latinoamericano, para ello, adicionalmente tendremos una página web, que permita ir adelantando información, a la vez de tratar de dar respuestas y difundir planteamientos importantes.

EL DIRECTOR



**SOMOS EXPERTOS EN PRODUCTOS DE SEÑALIZACIÓN Y SOLUCIONES DE SEGURIDAD VIAL.**



### Nuestros Productos



### Tenemos las mejores marcas



[www.signovial.pe](http://www.signovial.pe)

Info@signovial.pe / Calle San Patricio 439 Urb. Villa Marina - Chorrillos / 514 -3019



# El esquema peruano de **concesiones viales**

Desde la década del 90, varios países latinoamericanos iniciaron una política de concesiones para hacer frente al enorme déficit de infraestructura vial. De ese modo se incorporaron capitales privados al desarrollo y explotación de obras de infraestructura. El Perú fue uno de los países que inicio este modelo.

Unidad de investigación

Once Redes Viales han sido concesionadas como parte de proceso de transferencias de actividades productivas del estado al sector privado, con el objeto de lograr una mayor eficiencia en la asignación de recursos.



En las carreteras dadas en concesión hasta el momento, el tráfico se ha incrementado hasta en 500%, y el tiempo de viaje se ha reducido a la mitad, lo cual revela que la política de concesión tiene éxito, según un estudio realizado por ESAN.

La promoción de la inversión privada en el Perú está a cargo de PROINVERSIÓN, un organismo público ejecutor, adscrito al Ministerio de Economía y Finanzas. Una de sus tareas es, precisamente, atraer inversión en los proyectos viales a nivel nacional.

#### Algo de historia

Concesiones viales ha habido desde hace muchos años en el Perú, en especial en ferrocarriles. El primer ferrocarril en América del Sur lo inauguró Ramón Castilla en 1851, fue una concesión entre Lima y El Callao.

Ahora, las concesiones viales, principalmente en carreteras, tal como las vemos en la actualidad podemos decir que comenzaron en 1994, fue otorgada por el MTC a un consorcio al que luego se le llamó CONCAR, tuvo una duración de 13 años, hasta el 2,007, con una longitud de 100 Km., entre Arequipa y Matarani.

Luego en el año 1,998, el MTC aprobó once (11) Redes Viales (recuadro 1) para poder ser concesionadas, como parte de proceso de transferencias de actividades productivas del estado al sector privado, con el objeto de lograr una mayor eficiencia en la asignación de recursos así como al óptimo mantenimiento de las vías rehabilitadas; con este objeto se crearon dos organismos para la promoción y supervisión de las inversiones: COPRI y OSITRAN. Posteriormente en el año 2001, COPRI pasó a ser lo que actualmente es Pro-Inversión.

En base a estos acuerdos, el MTC decide llevar adelante las dos primeras concesiones: (a) Red Vial N° 5: Lima-Huacho-Pativilca, Lima-Canta-Unish (con un total de 403 km); (b) Red Vial N°6: Lima-Ica, Pisco-Ayacucho (531 km) encomendándole llevar a cabo este proceso a la COPRI. Posteriormente estas dos redes viales se ejecutaron parcialmente: (a) Dv. Ancón-Huacho-Pativilca (183 Km.) y (b) Pte. Pucusana-Ica (222 Km.); ambas, en la actualidad, aún se encuentran dentro del período de concesión.

#### La base legal

Cuando el Estado decidió delegar en el sector privado la operación, mantenimiento, conservación y construcción de obras



El concesionario está obligado a realizar el mantenimiento de la carretera con el objeto que ésta se encuentre en óptimas condiciones.

**En el año 1993, la Empresa Nacional de Ferrocarriles fue incorporada al proceso de promoción de la inversión privada, con el objetivo de delegar en el sector privado la administración del Ferrocarril del Sur (855 Km), el Ferrocarril del Sur-Oriente (134.7 km) y el Ferrocarril del Centro (489.6 km).**

públicas de infraestructura y de servicios público, estableció como única modalidad la concesión, mediante Decretos legislativos N° 758 y 839, los cuales fueron compilados a través del Texto Único Ordenado de las Normas con Rango de Ley que regulan la entrega en Concesión al Sector Privado de las Obras Públicas de Infraestructura y de Servicios Públicos, aprobado por Decreto Supremo N° 059-96-PCM.

En mayo de 2008, a través del Decreto Legislativo N° 1012, se dio inicio a una tercera fase de los procesos de promoción de la inversión privada con el objeto de crear, desarrollar, mejorar, operar o mantener infraestructura pública o proveer servicios públicos, a la que se denominó Asociación Público Privada (APP) estableciendo otras modalidades como la asociación en

RECUADRO 1

Red Vial Número	Localización / Ruta	Km.
1	Piura-Sullana, Sullana-Macará, Sullana-Aguas Verdes	552
2	Lambayeque-Dv.Olmos-Piura, Lambayeque-Piura	573
3	Trujillo-Lambayeque, Ciudad de Dios-Cajamarca	402
4	Pativilca-Trujillo, Pativilca-Conoccocha-Yungaypampa, Casma-Huaraz	1,063
5	Lima, Pativilca, Lima-Canta-Unish	403
6	Lima, Ica, Pisco-Ayacucho	531
7	Ica-Camaná	551
8	Camaná-La Concordia, Matarani-Arequipa-Ilo-Moquegua, Ilo Tacna	1,025
9	Circuito Turístico del Cusco, Cusco-Desaguadero	645
10	Par Vial Lima-Ricardo Palma	78
11	Ricardo Palma-La Oroya, La Oroya-Huacayo, La Oroya-Huánuco-Pucallpa	909



La Red Básica del Metro de Lima y Callao, denominado Tren Eléctrico. Está conformada por seis líneas de transporte masivo.

participación, contratos de gerencia, contratos de riesgo compartido, contratos de especialización, así como cualquier otra modalidad contractual permitida por ley, además de la concesión.

Dentro de este concepto se rige las concesiones viales (carretera y ferrocarriles) en el Perú, las determina el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, como entidad concedente, y, en carreteras, generalmente, se suelen otorgar para la Red Vial Nacional y por períodos de 25 años. Estas pueden ser auto sostenibles (cuando no requieren de ningún aporte del Estado), o co-financiadas, cuando parte de la inversión la aporta el Estado. También, últimamente se está contemplando las concesiones por iniciativa privada.

#### Número de concesiones

Pro-Inversión, por encargo del MTC ha llevado a cabo dieciséis (16) procesos de concesiones en carreteras, todas ellas pavimentadas, (recuadro 2.)

En la actualidad, en la longitudinal de la sierra, se encuentran en proceso de concesión el tramo N°4 (970 Km.), y en proceso de evaluación el tramo N° 5 (422 km.); con lo cual suman a dieciocho (18) las concesiones encomendadas a Pro Inversión, con un total de 8,034.00 Km. lo cual representa el 48.2 % de la Red Vial Nacio-

nal pavimentada, que el MTC la tiene estimada en 25,6240.00 km., de los cuales sólo 16,647.00 km. (65%) se encuentran pavimentados. También se han realizado tres concesiones ferroviarias.

Respecto a las concesiones de carreteras por iniciativa privada podemos hacer dos diferenciaciones: las iniciativas auto sostenibles, dentro de la que solo hay una que se encuentra en evaluación: el tramo Ica – Dv. Quilca en la Panamericana sur, y las co-financiadas, que se rigen por el reglamento de enero de 2,013, dentro del cual el MTC, desde esta fecha a la actualidad, ha recibido dieciséis propuestas sin que aún se haya adjudicado ningún proyecto. Este es un nuevo sistema de concesión que recién se estaría implementando y es de esperar que tenga éxito.

El proceso propiamente dicho empieza con la convocatoria y termina con la firma del contrato. Todo esto bajo la responsabilidad de Pro-Inversión. Antes de la convocatoria hay un trabajo previo de informes, estudios, evaluaciones, opiniones y otros a cargo del MTC y del MEF, a fin de incorporar el proyecto a los procesos de promoción de la inversión privada, el que generalmente es largo. Luego de la firma de contrato y durante todo el tiempo que dure la concesión sigue el proceso de supervisión de la misma, a cargo de OSITRAN y del MTC.

#### Ventajas

Las ventajas de las concesiones de carreteras, respecto a los sistemas tradicionales de construcción de carreteras, son varios, entre ellos, el más importante es que el concesionario está obligado a realizar el mantenimiento de la carretera con el objeto que ésta se encuentre en óptimas condiciones, cumpliendo de esta forma con los niveles de servicio establecidos en el contrato respectivo, durante todo el tiempo que dure la concesión. Por otro lado, tratándose de concesiones autosostenibles, que son las que más se han dado en materia de carreteras, el financiamiento de la operación, mantenimiento, conservación y construcción de la

**Concesiones viales ha habido desde hace muchos años en el Perú, en especial en ferrocarriles. Tenga en cuenta que el primer ferrocarril en América del Sur lo inauguró Ramón Castilla en 1,851, fue una concesión entre Lima y El Callao.**





El Ferrocarril del Centro está incorporado al proceso de promoción de la inversión privada desde 1993. Otros dos ferrocarriles también han sido concesionados en el país.

carretera es de responsabilidad del Concesionario a través del cobro de peajes; se distribuyen de una mejor forma los riesgos asignándose a aquel que esté en mejor disposición de hacerlo, así como se incorpora experiencia, conocimientos, equipos, tecnología. Puede decirse que las concesiones viales son el mejor sistema que se ha encontrado hasta la fecha para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de carreteras.

#### Las concesiones ferroviarias

En el caso de los ferrocarriles, son tres (3) los que han sido concesionados: El ferrocarril Central, el ferrocarril del sur y el ferrocarril Cuzco Machu Picchu. Se encuentra en proceso de concesión el ferrocarril Huancayo-Huancavelica. Cosa aparte es la concesión del Metro de Lima, que también ha estado a cargo de Pro-Inversión. En el año 1993, la Empresa Nacional de Ferrocarriles fue incorporada al proceso de promoción de la inversión privada, con el objetivo de delegar en el sector privado la administración del Ferrocarril del Sur (855 Km), el Ferrocarril del Sur-Oriente (134.7 km) y el Ferrocarril del Centro (489.6 km).

El 19 de julio de 1999 se adjudicó la concesión de los citados ferrocarriles al consorcio divisible Ferrocarriles del Perú, y se suscribieron los Contratos de Concesión entre el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción y las empresas Ferrovías Central Andina S.A. concesionaria del Ferrocarril Central; y Fe-

**Las ventajas de las concesiones de carreteras, ahora APP, respecto a los sistemas tradicionales de construcción de carreteras, son varios, entre ellos, diría que el más importante es que el concesionario está obligado a realizar el mantenimiento de la carretera con el objeto que ésta se encuentre en óptimas condiciones.**

rocarril Transandino S.A., concesionaria del Ferrocarril del Sur y Sur Oriente. En los próximos meses PROINVERSIÓN relanzará la convocatoria del proceso de promoción de la inversión privada del Ferrocarril Huancayo – Huancavelica, el cual cuenta con una longitud de 128.7 Km y se integra a la red ferroviaria del Centro del Perú mediante su conexión con el Ferrocarril Central en Huancayo.

#### El Metro de Lima

En el año 2010, el Gobierno Peruano aprobó la Red Básica del Metro de Lima y Callao, la cual se encuentra conformada por seis líneas con trazados referenciales, que tiene por objetivo la implementación de un sistema eléctrico de transporte masivo orientado a corregir, de manera progresiva, los problemas de transporte público urbano de Lima Metropolitana y El Callao. El 22 de febrero de 2011, PROINVERSIÓN adjudicó la concesión de la provisión de material rodante, construcción del segundo nivel del patio taller, operación y mantenimiento de la Línea 1: Villa el Salvador - Av. Grau - San Juan de Lurigancho, al consorcio Tren Lima, Línea 1, y el 11 de abril de 2011 se suscribió el Contrato de Concesión entre el Ministerio de Transportes y Comu-



Tramo 5 de la IRSA Sur. La carretera permite una integración interna para el desarrollo de los siguientes departamentos: Madre de Dios, Cusco, Puno, Arequipa, Moquegua, Tacna, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica e Ica.

nicaciones (MTC) y la Sociedad Concesionaria GYM FERROVIAS S.A. A efectos de continuar con el desarrollo del Metro Lima, PROINVERSIÓN, por encargo del MTC, llevó a cabo los estudios técnicos de preinversión y el proceso de promoción de la inversión privada para la concesión del diseño, financiamiento, construcción, equipamiento de sistema, equipamiento electromecánico, operación y mantenimiento de la Línea 2: Ate - Callao y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta (totalmente subterránea). Dicha concesión fue adjudicada por PROINVERSIÓN el 28 de marzo de 2014, al Consorcio Nuevo Metro de Lima y el Contrato de Concesión fue suscrito el 28 de abril de 2014 entre el MTC y la Sociedad Concesionaria Metro de Lima Línea 2 S.A. En la actualidad, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) ha encargado a PROINVERSIÓN la elaboración de los estudios de preinversión de las Líneas 3 y 4, así como el proceso de promoción de la inversión privada de dichos proyectos.

RECUADRO 2

Nombre del Proyecto	Ubicación	Fecha de Adjudicación	Longitud aprox. km	Plazo de Concesión años
IIRSA NORTE	Paita-Piura-Olmos-Tarapoto-Yurimaguas	05-may-05	960	25
IIRSA SUR TRAMO 1	San Juan de Marcona - Emp Panamericana - Nazca - Dv Pampa Chiri - Chalhuanca - Emp RO3S - Abancay - Pte Cunyac - Cusco - Urcos	29-ago-07	758	25
IIRSA SUR TRAMO 2	Urcos - Inambari	23-jun-05	300	25
IIRSA SUR TRAMO 3	Inambari - Iñapari	23-jun-05	403	25
IIRSA SUR TRAMO 4	Inambari - Azangaro	23-jun-05	306	25
IIRSA SUR TRAMO 5	Matarani - Puno - Juliaca - Azángaro e Ilo - Juliaca	29-ago-07	827	25
LONGITUDINAL DE LA SIERRA TRAMO 2	Ciudad de Dios-Cajamarca-Chiple, Cajamarca-Trujillo y Dv. Chilite-Emp. PE-3N.	19-dic-13	875	25
Red Vial N° 5	Ancon-Huacho-Pativilca	24-may-02	183	25
Red Vial N° 6	Pte Pucusana-Cerro Azul-Ica	20-jul-05	222	30
Red Vial N° 4	Pativilca-Santa-Trujillo	18-dic-08	356	25
Autopista del Sol	Trujillo-Chiclayo-Piura-Sullana	19-jun-09	475	25
Tramo 2 de IIRSA Centro	Pte Ricardo Palma-La Oroya-Huancayo y La Oroya-Dv Cerro de Pasco	27-jul-10	377	25
Dv Quilca-Tacna	Dv. Quilca-Dv. Arequipa (Repartición)-Dv. Matarani-Dv Moquegua-Dv. Ilo-Tacna-La Concordia	16-ago-12	430	25
EMPALME 1B - BUENOS AIRES - CANCHAQUE (COSTA SIERRA)	Piura	31-oct-06	78	15
NUEVO MOCUPE - CAYALTI - OYOTUN (COSTA SIERRA)	Lambayeque	26-ene-09	77	15
OVALO CHANCAY / DV. VARIANTE PASAMAYO - HUARAL - ACOS (COSTA SIERRA)	Lima	07-nov-08	47	15



# Las concesiones viales en Chile

El último tercio de la Red de autopistas urbanas de Santiago, denominado Américo Vespucio Oriente, está retrasado por problemas urbanísticos y ambientales, generando una de las zonas más congestionadas de Santiago.

En marzo de 1994, Ricardo Lagos fue nombrado ministro de Obras Públicas del gobierno de Eduardo Frei que asumía en marzo de ese año, formulando un plan de entregar en concesión la ruta 5 Carretera Panamericana entre La Serena y Puerto Montt, la principal vía estructurante de Chile que sirve al hinterland, elevándola a estándar de autopista con control de acceso, totalizando entre ambos puntos 1.500 km. El gobierno anterior había establecido las bases de un mecanismo de APP para proyectos viales.



Francisco Ghisolfo Olmedo (\*)

La Asociación Pública Privada (APP) es un instrumento de gestión que permite atraer recursos a la provisión de infraestructura, tradicionalmente exclusiva del Estado, incorporando recursos financieros, humanos y tecnológicos, y gestionándolos eficiente y eficazmente para satisfacer las necesidades de los usuarios que los prepuestos gubernamentales no están en condiciones de solventar.

La APP, como instrumento de gestión, cuenta con apoyo político transversal de momento que resuelve la cuestión de la propiedad de los activos a través de la gestión privada sin necesidad de traspasar la propiedad, resolviendo los dogmas asociados a una venta de activos estatales a privados.

¿Por qué el Estado ha tenido que invertir y operar obras de infraestructura vial? Hay al menos 5 razones relevantes: mercados limitados, monopolios naturales, grandes inversiones y largos períodos de recuperación, beneficios no percibidos por los usuarios y dificultad para tarifificar y recaudar las tarifas. Estos factores han limitado la inversión privada en esta actividad.

Estas condiciones han cambiado dramáticamente en el entorno actual. En efecto, hoy se enfrentan mercados masivos y crecientes, aumento del ingreso de las personas y el valor tiempo, lo que genera necesidades insatisfechas, los usuarios perciben los beneficios y consecuentemente están dispuestos a pagar por ellos. Es así que los impedimentos a la participación privada en obras viales, se resuelven: hay mercados de capitales desarrollados, profundos y globales; estabilidad política y económica que permite invertir a largo plazo, avance económico de modelos de tarifificación y tecnologías de cobro. En el entorno actual, la respuesta a estos aspectos se encuentran gracias al incremento de las necesidades de los usuarios, el valor del tiempo y consecuentemente la disposición a pagar. En Chile ingresan 1.000 vehículos diarios al parque automotor, que se distribuyen 500 a Santiago y 500 a regiones, generando grandes congestiones en la vialidad existente, los mercados de capitales disponen de los recursos y necesitan ser invertidos a largo plazo, por ejemplo, los fondos de pensiones o institucionales, los modelos matemáticos que permiten regular las tarifas y las tecnologías de recaudación del tipo free flow resuelven el problema del

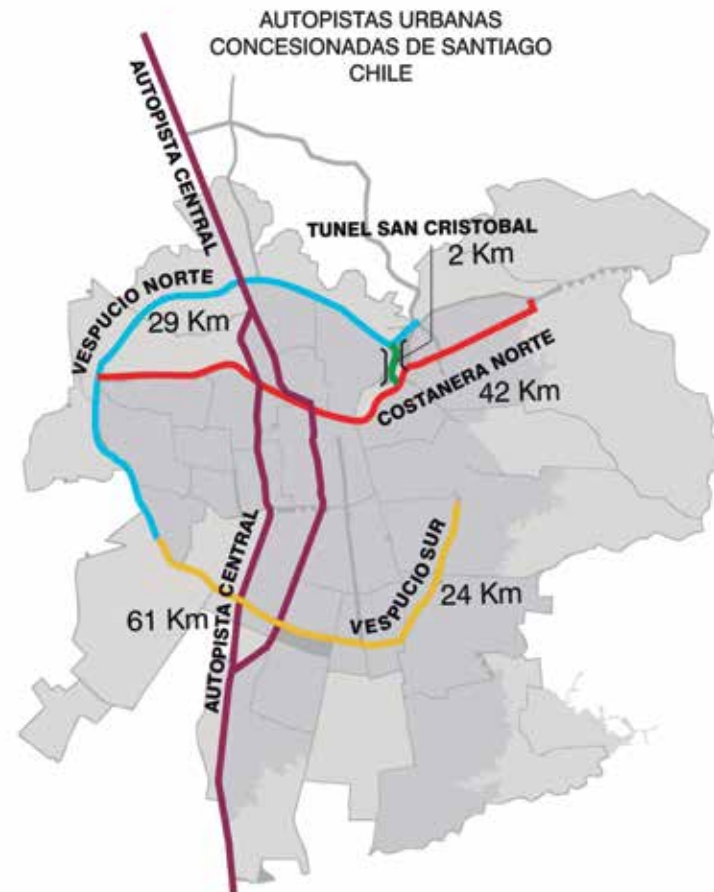
cobro. Sin estas tecnologías tendríamos autopistas urbanas.

Pero las ventajas de la APP en carreteras van más allá que un mecanismo de financiamiento. En efecto, permite establecer estándares de conservación que mantengan el estado de la ruta similar al de diseño, el aseo y ornato, servicio de atención de emergencia y todo aquello que involucra la gestión vial en forma integral, con personal idóneo remunerado de acuerdo al mercado. Por otra parte, los seguros por riesgos de la naturaleza, que deben tomar los concesionarios, permiten reparar rápidamente y sin perjuicio para el presupuesto del Estado, daños por eventos naturales como

inundaciones, aluviones, erupciones volcánicas, y sobre todo, sismos. El mega sismo del 2010, el 5º en magnitud en el mundo desde que se lleva registro, causó daños, si bien marginales para la infraestructura, fueron rápidamente reparados y los costos cargados a los seguros correspondientes, resultado protegido el interés del inversionista, el Estado y los usuarios, por la pronta recuperación de los niveles de servicio originales.

El impulso de los años 1994 – 2006 cambió el rostro al país, y hoy se cuenta en operación una red vial longitudinal de 1.860 km entre Caldera y Parga, autopistas transversales donde destacan Santiago, la ca-

**El objetivo final de la APP en proyectos viales es mejorar la competitividad del país y la calidad de vida de sus habitantes, metas sin duda logradas en el pasado reciente de Chile, pero que para mantenerse, llama a un renovado ciclo con un liderazgo que trascienda un gobierno y sea asumido como política de Estado.**



El impulso de los años 1994 – 2006 cambió el rostro de Chile. Actualmente están en operación una red vial longitudinal y autopistas transversales.

pital con el puerto de Valparaíso, Santiago con el puerto de San Antonio y Chillán (ruta 5) con la conurbación urbana, industrial y portuaria de Concepción, que aportan otros 346 km a la red estructurante.

Se suma a ello, la red de autopistas urbanas de Santiago, consistente en dos ejes norte – sur o Autopista Central; un eje este – oeste o Costanera y un anillo de circunvalación completado en dos tercios: Américo Vespucio Norte y Américo Vespucio Sur, totalizando 160 km de autopistas urbanas. El último tercio, denominado Américo Vespucio Oriente, está retrasado por problemas urbanísticos y ambientales, generando una de las zonas más congestionadas de Santiago, se encuentra adjudicado y en fase de estudios de ingeniería.

En el 2000, Ricardo Lagos se convirtió en el primer presidente de la República de filiación socialista desde Salvador Allende, lo que le permitió completar la visión estratégica respecto la APP.

Las estadísticas muestran un primer período fundacional en el gobierno de Aylwin; el impulso de los gobiernos de Frei y Lagos que permitieron poner en servicio la principal red vial estructurante urbana e interurbana y luego una desaceleración que aún no se recupera.

¿Cuánto del éxito de la gestión Lagos en el MOP contribuyó a su elección como presi-

RED VIAL CONCESIONADA ESTANDAR AUTOPISTA CHILE



dente de la república y después de 6 años traspasar el mando a un miembro de su mismo partido? La respuesta debiera ser de interés de cualquier ministro del rubro en nuestros países donde la inversión en infraestructura continúa siendo deficitaria. El objetivo final de la APP en proyectos viales es mejorar la competitividad del país y la calidad de vida de sus habitantes, metas sin duda logradas en el pasado reciente de Chile, pero que para mantenerse, llama a un renovado ciclo con un liderazgo que trascienda un gobierno y sea asumido como política de Estado.

En la actualidad, el sistema de concesiones viales de Chile, enfrenta el desafío de aumentar la capacidad de las vías para atender la fuerte presión de demanda; mejorar la seguridad que ha quedado obsoleta por el aumento del parque vehicular, la potencia de los motores y las velocidades de operación, pero, lo más importante, convencer a los usuarios que seguirá siendo más conveniente pagar una tarifa a cambio de un servicio seguro y expedito para la satisfacción de las necesidades productivas del país y la calidad de vida de sus habitantes.

(\*) Asesor en modelos de Negocios de Concesiones Viales y de Operación y Conservación de Carreteras Concesionadas.





El alto número de muertos y heridos debido a los accidentes de tránsito constituye un grave problema aún sin resolver en el Perú. Hubo 700 mil accidentes en los últimos diez años.

# Los retos del **decenio**



La inseguridad vial es la principal causa de los accidentes de tránsito, tanto en el ámbito urbano como en las carreteras. En el Perú ésta va creciendo paulatinamente sin que se vislumbre una solución a corto plazo.

La situación peruana en el tema de Seguridad Vial no creo que difiera mucho de la realidad que se vive en los demás países de Latinoamérica, y ésta se debe, principalmente, a la falta de autoridad, liderazgo y decisión, que existe entre los responsables de hacer cumplir las leyes y normas establecidas, que son muchas y no necesariamente malas.

En el Perú, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en los últimos cinco (5) años, cerca del 98% de los accidentes de tránsito ocurrieron en vías urbanas y solo el 02% en carreteras y el año 2013 hubo un incremento del 8.5% a nivel nacional. Sin embargo los accidentes con consecuencias fatales, disminuyeron en 5.8%, de los cuales el 70% correspondió a vías urbanas y el 30% a carreteras. El MTC dice, también, que las causas de estos accidentes se deben, principalmente, al factor humano, y reconoce que existe un escaso control y fiscalización del transporte y tránsito.

En el Perú, desde hace varios años existe el llamado Consejo Nacional de Seguridad Vial que, se supone, debe ser el órgano rector de la Seguridad Vial en el país. Está adscrito al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, pero lamentablemente es un organismo al cual casi no se le conoce, no tienen ninguna autoridad, nadie le hace caso y el nombramiento de sus máximos directivos depende más de decisiones políticas que técnicas. También parece que existe una dirección de seguridad vial que depende de la Dirección General de Transporte Terrestre.



Ambulantes a un costado de una vía de alta velocidad. Puede distraer a un conductor o ser víctimas de algún accidente a causa de un vehículo sin control.

Mientras esto subsista y el Congreso de la República peruano no se preocupe de dar una buena ley que contemple la necesidad de un organismo respetado y respetable que conduzca la Seguridad Vial, la inseguridad vial seguirá creciendo con las lamentables consecuencias que esto conlleva.

Para mejor entender la inseguridad vial, debemos dividirla en dos aspectos: El Urbano y las Carreteras. Si bien es cierto existe un cordón umbilical entre ambas situaciones, éstos deben tratarse en forma independiente. Respecto a inseguridad vial urbano, en esta oportunidad mostramos algunos fotos que se explican por sí solos.

Nos referiremos exclusivamente a la inseguridad vial en las carreteras, y para entender mejor este problema, debemos tener presente que el Perú es un territorio 1.285.215,60 km<sup>2</sup> de superficie, con tres regiones, longitudinalmente, muy marcadas y de características totalmente dife-

rentes: la costa, una franja mayormente árida y plana, entre los 0.00 msnm y los 400.00 msnm; la sierranía, una franja mayormente quebrada y con poca vegetación, entre los 500.00 msnm y los 7.000.00 msnm.; y la selva, una franja ondulada dividida en (a) la selva alta entre los 800 msnm hasta los 3.350 msnm y (b) selva baja entre los 80 msnm hasta los 800

**(...) la solución sería es sumamente fácil, si se tuviera la decisión y la determinación de hacerla y de hacer prevalecer lo técnico sobre lo político. Cuando esto suceda, recién podremos hablar de Seguridad Vial en el Perú.**



Un camión cisterna cruza una vía de alta velocidad en una zona prohibida. Otra maniobra peligrosa que ha causado siniestros.





El peatón y su acémila pueden sufrir serio accidente por circular en una zona indebida. El puente no tiene un lugar adecuado para el tránsito peatonal.

msnm con vegetación muy tupida entre los 500.00 msnm y los 100.00 msnm. Longitudinalmente el Perú está dividido por la Cordillera de los Andes, prácticamente son tres cordilleras, lo que hace necesario que para conectarse transversalmente se tenga que ascender alturas de hasta cinco mil (5,000) msnm. Su población está en el orden de los treinta millones de habitantes.

Para interconectar el país se ha diseñado el llamado Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) que según el MTC tiene una longitud total de 144,672 Km., que está dividido en tres (3) grandes redes viales:

**Red Nacional.-** Tiene una longitud de los 24,593 Km., de los cuales 14,784 K, (59.97%) están pavimentados, entre bueno, regular y mal estado de conservación; 9,866 Km. (40.03%) son prácticamente trochas sin pavimentar, y generalmente en mal estado.

**Red Departamental.-** Con una longitud del orden de los 24,235 km (de los cuales 2,340 km (9.66%) se encuentran pavimentados, entre bueno, regular y mal estado de conservación; al resto (98.3%) son trochas sin pavimentar y generalmente en mal estado.

**Red Vecinal.-** Tiene una longitud de 95,844 km (de los cuales 1,611 km (1.69%) se encuentran pavimentados, entre bueno, regular o mal estado de conservación; 9,233 km (98.25%) son trochas sin pavimentar y generalmente en mal estado.



Enorme congestión de tránsito, tan habitual en las grandes ciudades peruanas como Lima en la última década.

**Es sobre la Red Vial Nacional, la principal red del país, donde se centra el interés por resolver la Inseguridad Vial. En el resto es poca o nula la preocupación existente, lo cual, me parece, que es algo generalizado no solo en el Perú sino en los demás países de Latinoamérica.**

En el Perú, durante mucho tiempo las Normas y Especificaciones Técnicas se han mantenido estáticas, pese a lo cual ha sido difícil hacerlas cumplir, aunque desde hace pocos años la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles se viene preocupando en actualizarlas y modernizarlas en lo que a la construcción de carreteras se refiere, aunque lamentablemente, éstas no siempre coinciden con las que se dan en la Dirección General de Transporte Terrestre, que es la responsable de la circulación y el transporte.

En lo que a la Seguridad Vial se refiere, aún existen serios problemas por resolver, tales como falta de señalización adecuada



Dos hombres viajan en la tolva de un camión, lo cual está completamente prohibido por el Reglamento de Tránsito.



Peligrosa maniobra para adelantar a un vehículo. Véase que el ómnibus y el automóvil invaden el carril contrario en pleno ingreso a túnel, sin prever que en cualquier momento puede aparecer otro vehículo.

da y de guardavías; el incumplimiento de las normas elementales, como el de radios mínimos, en especial en curvas de volteo, de anchos mínimos de calzada y de bermas o banquetas; la carencia de pasos peatonales en los puentes y otros. Lo lamentable es que de todo esto tienen conocimiento y conciencia las autoridades pertinentes tanto a nivel nacional como regional y vecinal, sin que se aprecie un adecuado respeto y control de las mismas, aduciendo, en la mayoría de los casos, que esto se debe a que el Ministerio de Economía y Finanzas no da los recursos económicos suficientes, o que no se estima que las inversiones propuestas justifiquen la construcción de las obras (aquí se tiene un permanente conflicto entre los organismos técnicos y económicos del gobierno).

Como se puede ver todo esto es causa evidente de Inseguridad Vial que se debe corregir. Y la solución sería sumamente fácil, si se tuviera la decisión y la determinación de hacerla y de hacer prevalecer lo técnico sobre lo político. Cuando esto





▲ La mujer charla con el conductor en una zona prohibida. Cualquier vehículo puede atropellarla. Una situación en las pistas de ciudades grandes del Perú.



▲ El letrero está virtualmente oculto. La rama oculta el mensaje y por lo tanto, el letrero no cumple su objetivo.



◀ Ambos vehículos han invadido la acera impidiendo la circulación de los peatones. La norma expresa que sanciona este tipo de invasiones existe, pero nadie le hace caso

sucedida, recién podremos hablar de Seguridad Vial en el Perú.

Es sobre la Red Vial Nacional, la principal red del país, donde se centra el interés por resolver la Inseguridad Vial. En el resto es poca o nula la preocupación existente, lo cual, parece ser algo generalizado no solo en el Perú sino en los demás países de Latinoamérica. Pero lo más grave está en la falta de controlar el otorgamiento de las licencias de conducir, sabiéndose que en muchos casos se otorgan sin los exámenes de ley.

Ante esta situación vale preguntar: ¿Por qué no se hacen cumplir las leyes y normas existentes? ¿Quién ve y se preocupa por las carreteras no pavimentadas y de menor importancia, que son las más y al mismo tiempo las menos seguras? ¿Cuál es la realidad en los demás países de Latinoamérica? ●

(\*) Ingeniero civil, consultor en proyectos de vialidad y transporte, empresario, presidente del Instituto Latinoamericano de Investigación y Estudios Viales, periodista.

### ¿Qué debe hacerse?

Entre otras cosas:

1. Aplicar las normas legales y Especificaciones Técnicas existentes.
2. Hacer prevalecer los aspectos técnicos sobre los económicos y políticos, cuando la Seguridad Vial este de por medio.
3. Debe tenerse una sola autoridad independiente y responsable a cargo de la Seguridad Vial del país en todos sus niveles y que pueda trabajar en forma autónoma y con los recursos económicos suficientes, la misma que debe estar dirigida por personas competentes y de peso específico propio, sin que prevalezca el criterio político en su nombramiento.
4. Debe haber una adecuada política de concientización vial que debe iniciarse desde los primeros años escolares.
5. Debe reforzarse y moralizar el sistema de la Policía Nacional encargadas del control de carreteras.
6. Debe corregirse de inmediato las irregularidades existentes en el otorgamiento de licencias de conducir.
7. Debe haber eficiente y permanente control de los pesos y medidas en las carreteras.
8. Debe existir una estrecha coordinación entre el "MTC" y los Gobiernos locales.
9. Debe existir un estrecho eficiente y moral control en entregar las licencias de conducir.

### INDUSTRIA DEL CEMENTO

Se brinda información técnica contenida en artículos, colección de libros, informes de congresos, simposium, coloquios, etc.

### TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

Contiene documentación sobre el análisis e investigación en concreto contenido en artículos, informes y técnicos.

### NORMALIZACIÓN

Esta sección contiene las referencias de las Normas Técnicas Peruanas sobre cemento, concreto y áreas relacionadas, clasificadas en sectores. Así como los enlaces a los textos completos de las normas obligatorias. Se presenta ponencias de difusión de la normas.

### PAVIMENTOS

Presenta información técnica actualizada de la tecnología aplicada en la construcción de pavimentos, contenida en colecciones de libros, artículos de revistas, papers de congresos, simposios.



**ASOCCEM**  
ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CEMENTO

**BIBLIOTEK v.6.1**  
Sistema de Gestión de Bibliotecas

### VIVIENDA

Brindamos información especializada, noticias sobre los materiales y procesos de construcción, contenida en las colecciones.

### BOLETINES TÉCNICOS

Publicados por Asocem contiene información especializada, comentarios de normas técnicas en la industria del cemento, concreto y áreas relacionadas.

### ENLACES DE INTERÉS

Contiene los enlaces a páginas webs relacionados a la industria del cemento, del concreto y pavimentos, construcción a nivel mundial.

### SERVICIOS DE CONSULTA EN GENERAL Y PARA ASOCIADOS

Servicio de alerta de información de artículos, noticias publicados en revistas, webs del sector industrial. Búsquedas de información a solicitud del cliente. Consulta de Material Bibliográfico, previa cita.

Calle Río de la Plata 167 Of. 101 San Isidro Tel: 441-4963 441-4965

www.asocem.org.pe



Los accidentes de tráfico son una de las primeras causas de muerte en la región, lo que significa 100,000 personas fallecidas en siniestros viales a lo que se suman más de cinco millones de heridos de diversa gravedad. Frente a ese panorama, los asistentes al IV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV) acordaron una hoja de ruta destinada a contribuir a buscar soluciones al problema.



Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las cifras de muertes por accidentes de tránsito en América Latina son entre 10 y 20 veces superiores a las registradas en otras regiones más industrializadas. Además, se estima que las pérdidas económicas derivadas de la siniestralidad viaria alcanzan en algunos países de la región hasta el 4,5% del PIB.

Según la OMS, si no se hace nada para frenar esta tendencia, las muertes anuales en siniestros viales en todo el mundo ascenderán a dos millones en 2030. Con ello, la virulencia de los accidentes de tráfico se situará al nivel de enfermedades como el Sida.

Al drama humano que suponen las cifras señaladas hay que sumar los costos de todo tipo que generan. Las autoridades mexicanas, por ejemplo, calculan que estas cifras alcanzan los 7.694.510.000 de dólares al año.

Con el fin de revertir esta situación, el Gobierno de México está desarrollando la Iniciativa Mexicana de Seguridad Vial (IMESEVI), un programa en el que colaboran el Secretariado Técnico del Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes de la Secretaría de Salud, la Organización Panamericana de la Salud, los gobiernos de los Estados y el conjunto de la sociedad civil, ejemplo que podría ser bien imitado en otros países Latinoamericanos.

La propia OMS y Naciones Unidas (ONU) han tomado cartas en el asunto. Muestra de ello es la "Década de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020", una iniciativa que promueve la puesta en marcha de medidas urgentes y efectivas para reducir al máximo los accidentes de tráfico y las muertes en carretera.

Siguiendo esta filosofía de trabajo, numerosas entidades multilaterales, como el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial o la Corporación Andina de Fomento han desarrollado iniciativas dirigidas a la mejora de la seguridad vial en la región. Por ejemplo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) lanzó hace cinco años la Estrategia de Seguridad Vial y Plan de Acción 2010 -2015. Desde la puesta en marcha de estos programas, el panorama de la seguridad vial en la región de América Latina y el Caribe ha experimentado notables mejoras, si bien la labor que aún queda por hacer es ingente.

Consecuente con este nuevo espíritu, los Congresos Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV) comenzaron a realizarse desde 2008. Esta novedosa apuesta a ser, pioneros en la región, con la intención de liderar un proceso de puesta en común de conocimientos y experiencias en torno a la seguridad vial en los países iberoamericanos.

Tras la exitosa experiencia obtenida en los cuatro CISEV organizados desde su inicio, se tiene el convencimiento de seguir organizando nuevo eventos en favor de la Seguridad Vial en la región.

El IV congreso se realizó en la ciudad de Cancún entre el 30 de setiembre y 2 de octubre de 2014 con un éxito que reafirma la convicción del IVIA por trabajar en favor de la Seguridad Vial, convencidos que en la presente década "Juntos podemos salvar vidas".

En el IV CISEV se dieron cita expertos procedentes de todos los rincones del mundo que analizaron la situación actual en Latinoamérica buscando soluciones para reducir las estadísticas de accidentes.

En Cancún, se reconoció que se han producido avances en materia de seguridad vial en la Región desde el III Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial celebrado en Bogotá en 2012 en diversos ámbitos, destacando una mayor sensibilidad social y política ante esta realidad y la inclusión de la seguridad vial en las políticas gubernamentales.

Sin embargo, los cambios y mejoras acometidos no son suficientes para hacer frente a los ambiciosos retos establecidos →



Los cálculos señalan que las pérdidas económicas derivadas de la siniestralidad viaria alcanzan en algunos países de la región hasta el 4,5% del PIB, una cifra alarmante.

Juntos podemos salvar vidas



Sesión plenaria del IV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV) que se desarrolló en Cancún, México.



y, a tenor de las cifras de siniestralidad actuales, los niveles de seguridad vial no alcanzan los estándares deseables para la mitad del Decenio y se puede predecir un fracaso por contener la epidemia que representan los fallecidos, lesionados y discapacitados como consecuencia del tránsito; los esfuerzos, por tanto, deben incrementarse de manera significativa y sostenible en el tiempo. Los congresistas reclamaron un nuevo impulso al tratamiento de la seguridad vial, con el objetivo de promover un cambio de ritmo que permita alcanzar las metas establecidas; cambio de ritmo que pasa por una implicación política, labor de liderazgo y coordinación, asignación de recursos humanos y económicos, redefinición de prioridades y recopilación, difusión y aplicación de buenas prácticas en materia de seguridad vial. Para ello, como aporte estratégico de la Declaración de Cancún, solicitaron a los responsables de la toma de decisiones en

los países, a asumir este manifiesto como propio, permitiendo que sirva de guía en los próximos años para conseguir el necesario cambio de ritmo con vistas a lograr las metas del Decenio.

#### La Declaración de Cancún

Los asistentes al IV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial dejaron establecido en la Declaración de Cancún que es necesario declarar a la seguridad vial como una política de Estado. Asimismo señalaron que es necesaria la promulgación de una Ley que permita la institucionalización real de la seguridad vial en los países que no la tengan, estableciendo entes responsables, programas de acción, recursos humanos, prioridades, objetivos definidos y presupuestos. Otra de las necesidades establecidas en la declaración es la creación de una agencia u organismo líder similar que regule la seguridad vial en los países, con recursos, competencias suficientes, capacidad de

actuación y respaldo político al más alto nivel.

La creación y el fortalecimiento de los sistemas de información de movilidad y seguridad vial, como indispensables para la toma de decisiones, con acceso público; la incorporación de las asociaciones de víctimas, organizaciones civiles y los medios de comunicación en las políticas de seguridad vial, como canal fundamental para llegar a toda la ciudadanía, consiguiendo la máxima implicación de la sociedad, son otros dos puntos mencionados en la Declaración de Cancún.

Los congresistas señalaron que es necesario el posicionamiento de la seguridad vial en el centro de las políticas de planificación, diseño, construcción, conservación y gestión de carreteras y vías urbanas. También es importante que los programas de Seguridad Vial se especifiquen campañas para peatones y conductores.

#### Otros puntos

En la Declaración de Cancún también se asume como urgente los siguientes puntos:

- Establecer los mecanismos que conduzcan a la profesionalización de una policía especializada en materia de tránsito dotada de la tecnología adecuada para el desempeño de su labor de vigilancia y control.

**Según la OMS, si no se hace nada para frenar esta tendencia, las muertes anuales en siniestros viales en todo el mundo ascenderán a dos millones en 2030. Con ello, la virulencia de los accidentes de tráfico se situará al nivel de enfermedades como el Sida (...)**

Simultáneamente a la celebración del IV CISEV, se desarrolló una muestra comercial de las más representativas instituciones y empresas vinculadas, con la Seguridad Vial.



- Diseñar un procedimiento sancionador adecuado que asegure el cumplimiento de las normas mediante la ejecución efectiva de las sanciones.
- Promover, desde la planificación, políticas para garantizar la movilidad segura de todos los usuarios, en particular de los más vulnerables, entre los que destacan los peatones y los ciclistas.
- Adoptar la norma de vehículos seguros de Naciones Unidas, para permitir mejorar la seguridad vehicular, involucrando a los fabricantes en el compromiso del máximo nivel de seguridad para todas las unidades de la Región, como en otras partes del mundo.
- Aplicar una política integral de movilidad segura para las motocicletas, considerando el creciente problema que supone su uso incontrolado.
- Implantar sistemas seguros de transporte público.
- Abordar el problema de la adecuación de la velocidad en las vías urbanas e interurbanas, estableciendo límites adecuados a las características y usos de las vías, así como a la composición del tránsito, y estableciendo procedimientos de control sistemático, preferiblemente con medios tecnológicos.
- Controlar de manera efectiva el consumo de alcohol y drogas asociado a la conducción, generando marcos regu-

ladores, procedimientos de control y sanción y políticas de educación y concienciación social, que se hayan demostrado exitosas.

- Aspirar a ratios del 100% en el uso del casco y del cinturón de seguridad entre los usuarios, para lo que es necesario establecer marcos normativos, asignar medios de control y difundir información y concienciación a los ciudadanos.
- Adoptar y aplicar normativas para la generalización de los Sistemas de Retención Infantil en la región.
- Promover la transferencia de conocimiento y buenas prácticas basadas en evidencias científicas entre los países de la comunidad de América Latina, el Caribe, España y Portugal, con el CISEV junto con otras iniciativas, como máximo expo-

nente de colaboración internacional.

- Regular la obtención de los permisos de conducir, garantizando una formación y evaluación adecuada y su expedición por parte de una única entidad o de acuerdo a criterios y procedimientos homogéneos.
- Implementar programas de formación adecuados a cada nivel de responsabilidad de los distintos actores de la seguridad vial, para la adecuada preparación de funcionarios públicos y privados.
- Reforzar el Programa Mesoamericano de Seguridad Vial, como ejemplo de la generación de fuertes alianzas multisectoriales para la seguridad vial, reconociendo el alto potencial para desarrollar nuevos enfoques que maximizan el esfuerzo de colaboración.

#### Los anteriores congresos

Anteriormente se han realizado tres Congresos con gran éxito:

- El primero en San José (Costa Rica) entre el 28 y 30 de mayo de 2008 con una asistencia de 350 congresistas, la participación de 14 países representados, 159 ponencias presentadas y 7 conferencias magistrales;
- El segundo en Buenos Aires (Argentina) entre el 20 y 22 de octubre de 2010 con una asistencia de 1,541 congresistas de 25 países representados, 196 ponencias presentadas y 43 conferencias magistrales;
- El tercero en Bogotá (Colombia) entre el 12 y 16 de junio de 2012 con una asistencia de 826 congresistas de 12 países representados, 182 ponencias presentadas y 68 conferencias magistrales.





## Crean instituto latinoamericano de investigación y estudios viales

Un grupo de expertos, profesionales, empresarios y académicos, se han unido para crear el Instituto Latinoamericano de Investigación y Estudios Viales (ILIEV), con el fin de desarrollar estudios y proyectos destinados a encontrar soluciones al acuciante problema del transporte y la vialidad tanto en el Perú y en Latinoamérica.

El Instituto Latinoamericano de Investigación y Estudios Viales es una Asociación civil sin fines de lucro de carácter científico, técnico y académico, de derecho privado, constituida el 27 de junio de 2,014 quedando inscrita en la partida N° 13270273 de los Registros Públicos de Lima, creada como resultado de la "Declaración Vial de Lima", suscrita por cincuenta (50) personalidades vinculadas con la Vialidad y el Transporte en octubre de 2,014. El ILIEV, tiene como sus principales fines, el desarrollo y la promoción de actividades de investigación, estudio, asesoramiento, coordinación, difusión y desarrollo de proyectos técnicos, científico, y/o educativos; para la prestación de servicios de formación o capacitación, directamente o a través de la constitución de entidades educativas, o de alianzas con otras entidades, en materia de Transporte y Vialidad; así como la compilación, coordinación e intercambio de información técnica conducente a hacer realidad el mejoramiento de los sistemas de transporte, teniendo en cuenta la importancia que éste tiene para la humanidad, y que la vialidad es la vía conducente a tener un buen y adecuado sistema de transporte. El ILIEV está conformado por personalidades de amplio prestigio y experiencia en el ámbito, técnico, empresarial y el mundo académico, vinculados a la Vialidad y el Transporte del Perú así como en el ámbito latinoamericano y que están imbuidos en una mística orientada a brindar sus conocimientos y experiencias para consolidar aportes y alternativas a la problemática del sector transportes y comunicaciones. El ILIEV pretende conseguir la mejor comprensión e integración entre el sector pú-

blico y la actividad privada, con el objeto de que, en conjunto, puedan lograr un real beneficio para la Vialidad y el Transporte, que son los factores fundamentales para el desarrollo y el progreso de los pueblos. A este efecto los gobiernos y la actividad

**El ILIEV pretende conseguir la mejor comprensión e integración entre el sector público y la actividad privada, con el objeto de que, en conjunto, puedan lograr un real beneficio para la Vialidad y el Transporte, que son los factores fundamentales para el desarrollo y el progreso de los pueblos.**

### Los directivos

El ILIEV ha tenido presentes estos objetivos como el factor primordial para el inicio de sus actividades, y para ello su primer Consejo Directivo está conformado por los señores:

Presidente:	Ing. Jorge Lazarte Conroy
1er. Vicepresidente:	Ing. Oscar Espinosa Bedoya
2do. Vicepresidente:	Dr. Lastenio Morales Costa
Secretario:	Ing. Marco Montalvo Farfán
Tesorero:	Ing. Pier Giacchetti Perez
Vocales:	Ing. Amaru López Benavides
	Ing. Edgar Barriga Calle
	Ing. Helí Linares Hurtado
	Ing. Luis Vera Barandiaran
	Ing. Ernesto Tejeda Moscoso
	Sr. Víctor Marquina Maury
	Ing. Walter Zecenarro Mateus

privada deben hacer conciencia y confiar en que el ILIEV puede ser el vínculo y el medio necesario para lograrlo.

Cuando estos se den cuenta que con esta mutua colaboración se pueden modificar estructuras y esquemas que permitan lograr normas y especificaciones técnicas actualizadas y sólidas; se consiga contar con laboratorios donde se puedan hacer investigaciones; y se pueda conseguir perfeccionar la capacitación de los funcionarios, se hará realidad el contar con buenos proyectos y buenas obras, que finalmente redundarán, tanto en favor del estado, como de la actividad privada, esto es: en beneficio del país.

Todos sus integrantes están comprometidos a sacar adelante este importante Instituto de acuerdo a sus principios iniciales, para lo cual ya se han creado ocho (8) comités de trabajo: Comité del Asfalto, Comité de Transportes, Comité de Normas y Especificaciones Técnicas, Comité de Concretos Hidráulicos, Comité de Seguridad Vial, Comité de Ferrocarriles, Comité de Pavimentos Especiales y Comité de Asociaciones Público Privadas.

Asimismo ya se han iniciado conversaciones con instituciones públicas como privadas vinculadas a la Vialidad y al Transporte, tanto en el Perú como en Latinoamérica y España.



# BITUPER S.A.C.

45 años de tecnología en asfaltos



MICROPAVIMENTOS



SLURRY SEAL (MESH TRACK)



SELLOS DE GRAVILLA



SLURRY SEAL (DE ROTURA CONTROLADA)

### BITUCOTE Plus®

Mejorador de adherencia tipo amina para asfaltos

### BITUMIX®

Mezcla asfáltica instantánea en bolsas para uso inmediato

### BITUSOIL®

Aglutinante orgánico saponificado

### EMULSIÓN ASFÁLTICA

- Rotura rápida
- Rotura Mediana
- Rotura Lenta
- Superestable
- Rotura Controlada
- Modificada con Polímeros
- Especiales
- EMULSIÓN PARA OTTA SEAL

### BITULASTIC®

Cemento asfáltico modificado con polímeros SBS

### MEGASOIL®

Estabilizador químico para suelos

### BITUFLEX®

Sellante elastomérico para grietas y fisuras

Oficina: Av. del Pinar 152 - Of. 1005 - Chacarilla del Estanque - Surco  
Telfs: 372-7601 / 372-7605 / 372-6943 Anexo 20





La carretera IIRSA Norte permitió reducir en tiempo de viaje de tres a un día entre Yurimaguas y Piura.

# Infraestructura y nueva realidad integradora

Uno de los grandes cambios en la concepción del proceso de integración regional en América del Sur consiste en la prioridad que se ha asignado al despliegue de la infraestructura para hacer posible la unidad y el desarrollo compartido. Tradicionalmente, la integración se concibió como un proceso destinado a liberalizar el comercio y crear, mediante un mercado ampliado, las condiciones para generar nuevos proyectos de inversión. Tal enfoque permitió logros limitados en materia de integración, de cambios estructurales y de elevación de los niveles de producción.

Ignacio Basombrió Zender

Con el inicio del siglo XXI, la región latinoamericana, sin dejar de otorgar importancia a los temas tradicionales, orientó sus esfuerzos a concebir una estrategia, más compleja y ambiciosa, para fortalecer y desarrollar la infraestructura en la región.

En tal contexto áreas que requieren expandirse de manera más acelerada, como la energía, las telecomunicaciones, el transporte y el saneamiento, pasaron a ocupar un espacio mayor y prioritario dentro de las acciones integradoras. La infraestructura económica, en consecuencia, asumió un nuevo papel dentro del proceso de la integración económica. El proceso continuo para avanzar en tal esquema integrador presenta nuevos desafíos que deben ser abordados con carácter técnico. Por ejemplo, como lo señala la CEPAL, se deben abordar temas como la "organización de los mercados de infraestructura, la institucionalidad y las políticas de infraestructura de transporte y sus servicios, ofreciendo una propuesta de cambio de paradigma para su tratamiento".

El diagnóstico que condujo a los países de la región a modificar el paradigma integrador partió del reconocimiento de una realidad caracterizada por insuficientes niveles de articulación y de integración, como consecuencia de un creciente déficit de infraestructura, frente a las oportunidades de la globalización y del crecimiento interno. Diversos estudios realizados por especialistas económicos peruanos han identificado un déficit de infraestructura superior a los 60,000 millones de dólares. Ese déficit, que tiende a incrementarse conforme avanza la economía, requiere para ser reducido de políticas públicas adecuadas y de la activa participación del sector privado.

En efecto, existe consenso en el sentido, tal como lo señala un informe conjunto de UNASUR-CEPAL, que "la provisión eficiente de servicios de infraestructura es uno de los aspectos más importantes de una estrategia de desarrollo, tanto en los niveles nacionales como en los regionales. La falta de infraestructura apropiada y de una eficiente provisión de sus servicios constituye un obstáculo primario en el esfuerzo de poner en práctica una política de desarrollo social con eficacia, alcanzar índices de crecimiento económico sostenido y lograr objetivos de integración".

Progresivamente, en el ámbito nacional, se ha incrementado la conciencia acerca de la importancia de planificar, con metas realistas (es decir ambiciosas) el desarrollo de la infraestructura. El mercado por sí

solo no puede resolver los problemas que se presentan en este ámbito. El Estado, por su parte, no posee ni los recursos financieros ni el dominio tecnológico y de gestión para asumir una tarea ejecutiva. Compete al poder público asumir el liderazgo y la gran orientación. El sector privado, por su parte, garantiza financiamiento, eficiencia en la gestión y tecnologías avanzadas. Mecanismos novedosos, como las asociaciones público privadas o de obras por impuestos, que se realizan eficientemente en el Perú, han permitido impulsar el desarrollo de las infraestructuras y, por ende, sustentar sobre bases más firmes y estables el futuro avance de la economía y de la sociedad.

Son múltiples e integrales los beneficios que genera el desarrollo de las infraestructuras y los servicios que de ellas se derivan. Menciono sólo algunos de los efectos más positivos:

- Lograr la cohesión territorial, económica y social.
- Mejorar la conectividad, factor esencial de la sociedad contemporánea.
- Reducir los costos de transporte.
- Mejorar la movilidad y la logística.
- Incrementar la competitividad.
- Impulsar y diversificar la actividad del comercio.
- Hacer posible el desarrollo social de las regiones y de los pueblos más apartados, cerrando brechas que han desequilibrado el proceso de desarrollo.
- Integrar y unir el territorio, aspecto que resulta esencial para un país como el Perú de geografía compleja.

Sin duda, la insuficiencia de infraestructura aísla a los pueblos, no permite un desarrollo armónico y equilibrado y limita las posibilidades de brindar los servicios fundamentales para la producción y para el mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de los habitantes.

## Brechas importantes

Un ejercicio técnico realizado hace pocos años, con el propósito de establecer indicadores comparativos de los países de América del Sur con las naciones del Asia Oriental, permitieron encontrar respuestas concretas sobre el orden de magnitud que se requiere resolver para efectos de cerrar brechas y, en consecuencia, tener mayor capacidad competitiva en el marco de la globalización económica. De acuerdo con ese estudio, América del Sur debería realizar un gran esfuerzo en materia de desarrollo de nuevas infraestructuras para alcanzar, en el año 2020, los ratios existentes en Asia Oriental el 2005. Lograr ese





La IIRSA Centro comprende los departamentos de Lima, Junín y Pasco, partiendo del puente Ricardo Palma hasta la ciudad de La Oroya (Junín).

objetivo supone destinar el 8.1 por ciento del producto bruto interno de la región en forma anual para nuevos proyectos y conservación de los existentes. Pese a ello, todavía se mantendrían distancias apreciables, estimadas en 15 años de atraso con relación a los ratios asiáticos.

La metodología utilizada por los expertos que elaboraron el estudio se concentró en cuantificar las diferencias que separan los indicadores de stock de infraestructura entre los países de América del Sur y de los países de Asia sudoriental. Obtenida la cuantificación de la diferencia se aplicaron los costos de infraestructura asociados para luego estimar los requerimientos monetarios de inversión.

Ese ejercicio, como se ha dicho, determinó que la inversión debería sumar el equivalente al 8.1 por ciento del PIB de la región sudamericana. Los sectores que requieren los mayores montos de inversión son los de la energía y el transporte, mientras que los vinculados al agua y el saneamiento utilizarían la menor proporción de recursos.

La realidad indica, sin embargo, que América del Sur invertía el año 2006 alrededor del 2,3% de su PIB anual en infraestructura (es decir, en torno a 53.500 millones de dólares de 2000). Pero, sostiene el estudio de UNASUR-CEPAL, “debería invertir un promedio anual de entre 128.000 millones de dólares de 2000 y 180.000 millones (o entre el 5,7% y el 8,1% del PIB regional),

para dar una respuesta favorable a la escasez de infraestructura —incluyendo expansión de la capacidad y mantenimiento—, de lo cual se infiere un déficit de inversión de entre 74.500 millones de dólares de 2000 y 126.500 millones (o entre el 3,4% y el 5,8% del PIB regional), que debería ser atendida anualmente en el período 2006-2020 para maximizar los efectos virtuosos de la infraestructura sobre la economía”.

En proyectos de alcance regional, en que el Perú, se encuentra participando de manera muy activa, como es el caso de la Iniciativa para la Integración Regional Suramericana (IIRSA), conforme lo detalla un estudio de Martina Chidiak se han ob-

**Sin duda, la insuficiencia de infraestructura aísla a los pueblos, no permite un desarrollo armónico y equilibrado y limita las posibilidades de brindar los servicios fundamentales para la producción y para el mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de los habitantes.**

tenido resultados positivos, especialmente en lo relativo a metodologías integradoras eficientes en aspectos tales como “los impactos socio-ambientales de los proyectos sobre su área de influencia, los escenarios tendenciales, no deseables y deseables, un escenario meta y una serie de recomendaciones y ejes estratégicos para la implementación de los proyectos y la planificación futura”. La misma especialista subraya que se “ha logrado un valioso proceso de construcción de una visión colectiva del territorio y su dinámica socio-ambiental y de los aspectos estratégicos del grupo de proyectos y sus riesgos y oportunidades”.

#### Nuevos elementos

La política exterior del Perú, tanto en las relaciones bilaterales con los países de América del Sur, como en la participación dentro de los esquemas de integración, subraya la importancia que corresponde a la infraestructura para obtener resultados positivos y mutuamente beneficiosos, con implicancias internas y externas en el proceso de desarrollo. En general se otorga mayor prioridad a la complementación económica y la integración, como pilares fundamentales de la relación. Sin embargo, ello supone contar con la base física material para establecer metas más ambiciosas en lo que respecta a la promoción de mayores niveles de intercambio comercial y de inversión,

con criterios de inclusión social y protección ambiental.

Uno de los grandes temas, en ese orden de ideas, es la interconexión física en base a los desarrollos en infraestructura vial alcanzados y los, en los ámbitos nacional y regional, se tienen planificados. Otro tema priorizado concierne al fortalecimiento de la logística de transporte y la implementación la operación de sistemas multimodales de transporte.

La integración energética regional, por otro lado, respetando la soberanía de cada país sobre los recursos naturales renovables y no renovables, constituye otra área priorizada en la nueva visión integradora. En tal contexto adquieren importancia principios tales como el desarrollo sustentable, la calidad técnica y la seguridad jurídica, esencial para garantizar inversiones de largo alcance.

Finalmente, áreas nuevas integradoras, que suponen la expansión de las infraestructuras, corresponden a las telecomunicaciones y los puertos y aeropuertos. En tales áreas, el impacto sobre la economía y la sociedad es de efecto inmediato y permite unir a las economías y los pueblos. ●



Este consorcio encargado de la concesión está a cargo de los 955 kilómetros de carretera que une el puerto marítimo de Paíta con la ciudad de Yurimaguas.

**La política exterior del Perú, tanto en las relaciones bilaterales con los países de América del Sur, como en la participación dentro de los esquemas de integración, subraya la importancia que corresponde a la infraestructura para obtener resultados positivos y mutuamente beneficiosos, con implicancias internas y externas en el proceso de desarrollo.**



www.piezocono.com  
www.scptu.com  
www.tecprosa.com

## ENSAYOS CON PIEZOCONO SÍSMICO

Conocido como SCPTu, es un método versátil, rápido y de mayor precisión que otros ensayos de campo, empleado para desarrollar el perfil estratigráfico y para la determinación de las propiedades del suelo y parámetros sísmicos. Se emplea en suelos desde arenas sueltas a medianamente densas hasta arcillas de blandas a medianamente consistentes. Usando el muestreador Mostap se extraen muestras de suelos para ensayos de caracterización en laboratorio.

La información adquirida con el SCPTu puede ser empleada en el análisis de estabilidad de taludes, terraplenes y cimentaciones; especialmente cuando las condiciones de suelo son difíciles. Permite determinar aproximadamente propiedades del suelo que pueden ser corroboradas mediante ensayos de laboratorio realizados en muestras inalteradas. Por lo general no se puede extraer y ensayar una gran cantidad de muestras de alta calidad, por lo que la correlación entre resultados de ensayos de laboratorio y los del SCPTu realizados en ubicaciones adyacentes a los puntos de muestreo permiten extrapolar resultados a otras zonas del proyecto donde no se han ejecutado ensayos de laboratorio pero sí SCPTu.

#### CONTACTO

Calle Aricota 106, Of. 702, Santiago de Surco, Lima-Perú  
Teléfonos: (511) 260-9542, (511) 273-7840  
Correo: proyectos@tecprosa.com

Estudio con Piezocono Sísmico en presa de relaves, Oyón-Lima





# Importancia de las geomallas en la construcción de carreteras

La geomalla es el geosintético de refuerzo. Su aplicación en carreteras tiene impactos positivos en lo económico, reduciendo volúmenes de movimiento de tierras; en lo técnico, incrementando la vida útil de los pavimentos; en lo ambiental, reduciendo el impacto de la emisión de carbono en las actividades de construcción realizadas con esta tecnología.

Existe suficiente evidencia en investigación de campo y laboratorio para asegurar que los beneficios apuntados son reales y medibles. Existen metodologías de diseño aceptadas por instituciones de alta credibilidad como la AASHTO y la FHWA que sustentan su uso. En la actualidad se carece de un método racional de diseño pero existen investigaciones en curso que apuntan a definir coeficientes de rigidez del compuesto geosintético-agregado como la propiedad asociada al comportamiento benéfico de la inclusión de la geomalla de refuerzo y pretenden simplificar los ensayos necesarios para su determinación.

En muchos países como el Perú, su uso está restringido por la falta de normativa que impide su aplicación masiva y no permite el ahorro en términos de dinero, tiempo e impacto ambiental.



Augusto Alza Vilela (\*)

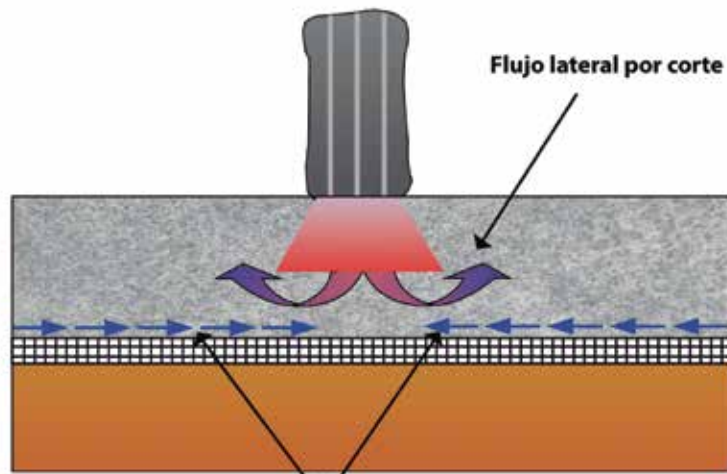
La geomalla es el geosintético de refuerzo por excelencia. La diferencia con un geotextil que también puede reforzar el suelo, radica en el mecanismo de transferencia de carga: mientras el geotextil lo hace mediante fricción, la geomalla genera una trabazón con el suelo que confiere a esta combinación las características propias de una capa mecánicamente estabilizada y un comportamiento superior cuando se somete a las cargas actuantes en un pavimento. Las geomallas de refuerzo son utilizadas en las carreteras en dos aplicaciones principales: la estabilización de la subrasante y el refuerzo de la base granular.

## Estabilización de la subrasante

En esta aplicación, la geomalla se diseña como una vía sin pavimentar, para un volumen de tránsito de construcción y de subrasante débil. Lo que se obtiene es un espesor reducido del agregado utilizado como mejoramiento, mediante las funciones de refuerzo y separación. El principio que gobierna el diseño es la distribución de carga y, de esta manera, contribuye a que la presión sobre la subrasante disminuya, incrementando los módulos de reacción compuestos del sistema subrasante-sub base. Los beneficios de la geomalla en esta aplicación han sido demostrados en varios ensayos de laboratorio y con experimentos a escala natural. En algunos pilotos experimentales se investigó el funcionamiento de diferentes tipos de geomallas y los resultados mostraron que las geomallas más rígidas se comportaron mejor. Estos experimentos sirvieron de base para el desarrollo de los métodos de diseño empírico con refuerzo de geomalla.

Colocación de geomallas para construcción sobre suelos blandos.





**Restricción lateral y trabazón con el agregado (Confinamiento)**

Mecanismo de Confinamiento Lateral (USACOE, 2003).

Históricamente, las geomallas ingresaron al mercado al inicio de los años 80 y por este tiempo el geotextil ya era usado en la interface base-subrasante como separador, filtro y con algún grado de refuerzo. Los primeros procedimientos empíricos para refuerzo de geotextiles se basaron en la teoría de equilibrio límite de la capacidad portante. La solución dada por Tingle y Webster (2003) fue adoptada por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de Norteamérica, para carreteras no pavimentadas reforzadas con geotextiles y geomallas (USCOE, 2003).

Basados en la investigación previa existente, Giroud y Han (2004) desarrollaron un método, con base teórica y calibración experimental, para el refuerzo con geomalla en caminos sin pavimentar. La solución está basada en la teoría del equilibrio límite de la capacidad portante con una modificación para considerar el beneficio del efecto de la membrana en tensión. La formulación teórica de Giroud-Han toma en cuenta la distribución de las tensiones, la resistencia del material de la capa de base, la trabazón geomalla-agregados, y la rigidez planar de la geomalla, además de las condiciones consideradas en los métodos previos (volumen de tráfico, carga sobre ruedas, presión de neumáticos, ahuellamiento y la influencia del refuerzo geosintético en el modo de falla de carreteras no pavimentadas); se asume que

el suelo de la subrasante está saturado y muestra un comportamiento no drenado sometido a un tráfico de cargas.

La experiencia indica que esta capa mejorada así calculada puede ser utilizada como la nueva subrasante de la vía pavimentada proyectada y mediante un ensayo de placa de carga, es posible obtener por correlaciones el CBR de diseño. Una prueba de este tipo fue realizada en Bogotá-Colombia, a propósito de las sobre-excavaciones que se proyectaron para uno de los tramos del Sistema de Transporte Masivo denominado "Transmilenio", sobre terrenos de fundación que tenían un CBR del orden de 0.5%. Utilizando geomallas biaxiales y geotextiles de separación se diseñaron espesores de mejoramiento sensiblemente menores a los inicialmente considerados y también se construyó una sección no reforzada para que sirviera de control y comparación. Sobre estos mejoramientos se midieron módulos de reacción del compuesto subrasante-mejoramiento mediante ensayos de placa de carga. Los resultados fueron bastante indicativos de la acción de las geomallas rígidas que multiplicaron hasta por 6 la capacidad de soporte respecto a la sección de control no reforzada (de 2 a 12% de CBR) e incrementaron los módulos de reacción hasta en 200% aproximadamente (GEOSINTEC, 2004).

Un caso emblemático en Sudamérica lo constituye la carretera construida en la sel-

va para MAXUS (Compañía Petrolera en el Ecuador); ésta fue diseñada y construida con una geomalla como mejoramiento de la subrasante y sobre ella se colocó una capa de arena. Esta capa de arena fue protegida por un geotextil no tejido para evitar la erosión en los bordes que podía producirle la lluvia. Luego se colocó otra capa de geomalla bajo el concepto de refuerzo de base y sobre ella una base granular. El manual "Gravel Roads" editado por el Departamento de Transporte del Estado de Dakota del Sur, auspiciado por la Federal Highway Administration señala al respecto que en el caso de subrasantes pobres y blandas la alternativas de colocar un geosintético que separe y refuerce es eficaz y, bajo determinadas condiciones, más económico. Es interesante observar que este caso ha originado en el Ecuador la dación de una ley ambiental para impedir, en zonas de selva, el uso de troncos de madera (vías tipo corduroy) y reemplazarlos por geosintéticos.

En el Perú se ha llevado a cabo el mejoramiento de subrasante en sectores



Aspecto de la nueva geomalla multiaxial (Cortesía de Tensar International Corporation).

críticos de las carreteras Iquitos-Nauta, Jauja-Tarma, Cajamarca-Hualgayoc, entre otras, y el mejoramiento de subrasante en patios de almacenes ubicados en el puerto del Callao, donde además de los suelos malos y la napa freática alta, se tiene cargas de gran magnitud producidas por los vehículos usados en el manipuleo de contenedores. La rapidez en el proceso constructivo y la posibilidad de compactar materiales sobre subrasantes muy pobres, hace esta solución técnica y económicamente más atractiva que la de sobre excavación y reemplazo. A pesar de ello, la falta de normativa en las entidades estatales, impide el uso de esta tecnología y se gastan ingentes recursos en movimientos de tierra innecesarios que atentan contra los presupuestos de inversión pública, encareciendo los costos directos e indirectos asociados, restando

**Los beneficios de la geomalla en esta aplicación han sido demostrados en varios ensayos de laboratorio y con experimentos a escala natural. En algunos pilotos experimentales se investigó el funcionamiento de diferentes tipos de geomallas y los resultados mostraron que las geomallas más rígidas se comportaron mejor.**

posibilidades de construir más kilómetros de carreteras.

#### Refuerzo de base

El aporte de las geomallas como elemento de refuerzo de la base granular de una estructura de pavimento generalmente se cuantifica en términos del incremento de la vida útil medido en número de repeticiones de carga y/o en términos de la reducción del espesor de la capa de base para un pavimento sujeto a un tráfico dado. El refuerzo de base se genera mediante un juego de mecanismos complejo que incluye el confinamiento que ejerce la geomalla en el material granular de base, mediante sus aberturas. Es importante recalcar que este refuerzo de base está asociado a un comportamiento a largo plazo del pavimento (otro de los mecanismos asociados puede ser el de la reducción de la fatiga cíclica), y, por tanto, la incidencia de la presencia de la geomalla se medirá en la vida útil del pavimento.

La AASHTO ha trabajado dos guías con respecto al uso de geosintéticos para el refuerzo de bases granulares en estructuras de pavimentos flexibles: AASHTO PP 46 publicado en el año 2001, y AASHTO R-50 (2009), que es una versión actualizada. Hasta este momento, no existe un método racional validado para determinar los beneficios del uso de las geomallas; sin embargo, existen diversas investigaciones con modelos a escala real que sirven de punto de partida para elaborar diseños que arrojan resultados muy cercanos a la realidad. En estas publicaciones se adoptan conceptos útiles para determinar los espesores finales de la estructura, tales como el TBR (Traffic benefit ratio) que es el multiplicador del tráfico que alcanza una sección reforzada sobre una no reforzada; y el BCR (Base course reduction) que se define como la reducción, en porcentaje, del espesor necesario de la capa de base reforzada para la misma vida útil.

#### REFERENCIAS

- AASHTO. Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate base Course of Flexible Pavement Structures R 50-09. 2009. 4 p.
- GEOSINTEC. Reporte de las pruebas de campo para la verificación del mejoramiento proporcionado por las geomallas Tensar. Consorcio Troncal NQS Sur Tramo 1. Sistema de Transporte Masivo Transmilenio. 2004. 8 p.
- GIROUD, J.P y HAN, JIE. Design method for geogrid-reinforced unpaved roads. II. Calibration and applications. 2004. 11 p.
- TINGLE, J.S. y WEBSTER, S.L. (2003). Review of Corps of Engineers Design of Geosynthetic Reinforced Unpaved Roads, Annual meeting CD-ROM, TRB, Washington, D.C.
- U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. Use of geogrids in pavement construction. Technical Letter ETL 1110-1-189. Washington D.C. 2003. 38 p.
- ZORNBERG, J. Geosynthetic-Reinforced Pavements-New Advances. Colombia. 2014.



Menor impacto ambiental de la nueva geomalla multiaxial (Cortesía de Tensar International Corporation).

Esta aplicación ha sido usada en diferentes carreteras de países como EE.UU. y Colombia en Sudamérica; en el Perú, se realizó el diseño y construcción del tramo final de la carretera Iquitos-Nauta, en la selva amazónica, usando la geomalla biaxial como refuerzo de base granular a lo largo de un tramo de 13 kilómetros, reduciendo el costo del pavimento en aproximadamente un millón de dólares por el alto costo del agregado.

#### Geomalla multiaxial

Tras varios años de investigación, a partir del 2008, se ha empezado a promover el uso de una geomalla de nueva generación cuya abertura es triangular, con un peralte mayor en sus costillas, lo cual la hace más rígida y le permite proveer estructuras más estables gracias al superior confinamiento que ofrece. Estas características únicas proveen a la vez, estructuras de mayor vida útil o con mayores reducciones de espesores. Esta nueva configuración impone el nuevo reto de, no sólo, incrementar las investigaciones para conocer los mecanismos de aporte de la geomalla, sino además de hacerlas más simples.

En la actualidad se están desarrollando estudios en universidades de los Estados Unidos que apuntan a definir como parámetro de diseño un coeficiente que refleje la "Rigidez de la Interacción entre Suelo-Geosintético", es decir, ya no una propiedad del geosintético aislado sino una propiedad del compuesto, a través de un ensayo bastante conocido como el de arrancamiento (pull-out) en el que las aberturas de la geomalla que generan la trabazón mecánica (interlocking), son causantes de su remarcable comportamiento (Zornberg, 2014).

Además, las tendencias actuales apuntan a la definición de una capa mecánicamente estabilizada (MSL) cuyo aporte es caracterizado por un número estructural que varía en función de ciertas condiciones particulares del proyecto y que es incorporado al diseño según la metodología de la AASHTO 93.

#### Impacto en el medio ambiente

Como comentario final, no por eso menos importante, se debe mencionar la reducción en el impacto ambiental que conlleva el uso de esta tecnología justificada conceptualmente en los siguientes aspectos: reducción en el uso de agregado natural, de los volúmenes de excavación, del número de camiones y de la energía de compactación. Es interesante revisar cómo ya se puede calcular, en términos porcentuales, la disminución en la cantidad de emisiones de carbono cuando se construye optimizando los diseños con geomallas triaxiales. (<http://www.tensarinternational.com/Carbon-Calculator>). ●

(\*) Ingeniero civil, catedrático del curso Diseño con Geosintéticos de la PUCP, presidente del capítulo peruano de la Sociedad Internacional de Geosintéticos





# La compactación inteligente

La compactación es el proceso por medio del cual se lleva a cabo la reducción de los vacíos presentes en un material con el fin de elevar su densidad. Una serie de fuerzas mecánicas permiten el desplazamiento de los elementos que lo componen y de esta manera la disminución del volumen.

Enrique Cáceres

Todo proceso es una cadena de pasos o acciones organizadas, de tal manera que el producto entregable cumple con el diseño y las especificaciones requeridas. En la compactación de suelos, el conjunto de características que se controlan regularmente vienen a ser la granulometría, la humedad, los valores de ensayos proctor estándar o modificado y la densidad o el índice de vacíos. No obstante, un proceso también involucra métricas propias e inherentes al mismo que nos permiten monitorear la salud y la confiabilidad del trabajo realizado. Esto nos lleva a las siguientes preguntas con respecto a sus procesos de compactación en obra: ¿Cómo medir la eficacia de la aplicación? ¿De qué manera alcanzar una eficiencia en costos? ¿Se puede reducir el re-trabajo?

La correcta selección de amplitudes de trabajo, la definición del número de pasadas, la velocidad de avance y la determinación de la cantidad de golpes por distancia, son factores determinantes en el resultado de la compactación en sí.

#### El control de calidad

Los métodos de control de calidad que conocemos nos permiten aceptar o no la calidad de un pavimento o una plataforma estructural siempre que las muestras tomadas cumplan o superen las especificaciones del proyecto.

Ensayos como el densímetro nuclear (el más utilizado a la fecha) y el cono de arena nos permiten tener una medición de la densidad alcanzada, mientras que ensayos de penetración, de deflectometría o de placa de presión nos permiten tener un valor de la capacidad portante o resistencia del suelo.

Todos estos ensayos tienen la limitación que su aplicación es muestral y se requiere de una población de datos para tener una buena idea del suelo en general. La cobertura de datos no supera al 1% de la superficie trabajada.

Contar con sistemas de medición que nos permitan tener una cobertura del 100% nos llevarían a asegurar la uniformidad de la compactación y tener una mayor certeza de que las especificaciones son cumplidas ("Right at first time").

#### Medición de la compactación

La medición de la densidad nos ha permitido tener la certeza de los objetivos de resistencia que los materiales deben cumplir. Las comparaciones de densidad contra las curvas de los ensayos proctor, nos permiten saber si hemos alcanzado lo especificado. Sin embargo, la principal propiedad que nos interesa superar en toda conformación de material es la resistencia, ya que finalmente serán cargas las que se apliquen o transiten por el suelo.

Los sistemas de medición que se instalan →





en los equipos de compactación no buscan medir la densidad, su propósito es el de medir el progreso del endurecimiento del suelo. Una mayor rigidez del suelo implica una mayor resistencia.

En los años 70 del siglo pasado, se desarrollaron sistemas basados en la medición de la rigidez a través de la respuesta que el suelo ejerce cuando se aplica una fuerza sobre él. A mayor rigidez que el suelo va ganando conforme es pasado el compactador, una mayor respuesta o energía rebota hacia el sensor que lleva el equipo. Este sensor es conocido como Acelerómetro.

El acelerómetro tiene una buena performance en suelos granulares y profundidades que llegan hasta 1.2 metros de profundidad. Para ello, se requiere mantener accionada la vibración de la rola de compactación. No es un sistema recomendado para suelos cohesivos ni semi-cohesivos debido a que la cantidad de humedad (agua) presente en ellos para compactarse, tiende a distorsionar la energía que rebota.

En los últimos años, una nueva tecnología para la medición ha sido colocada en el mercado y permite medir la rigidez del suelo a través del nivel de ahuellamiento que se produce sobre el suelo cuando pasa una carga sea estática o vibrando. El ahuellamiento presente es una resistencia a vencer y por ello estos sistemas relacionan la resistencia a la rodadura con el grado de rigidez que tiene el suelo. Es aplicable a cualquier tipo de suelo (granular, semi-cohesivo, cohesivo) y no necesariamente requiere mantener la rola



de compactación vibrante. Este sensor en conocido como MDP (Machine Drive Power).

La utilidad de los sistemas de medición es la siguiente:

- Controlar el progreso del nivel de compactación en todo lugar.
- Asegurar la uniformidad de la compactación.
- Integrarlo con sistemas de posicionamiento global nos permiten acceder a la Compactación Inteligente.
- Establecer un patrón de rodillado para hacer más eficaz la compactación y relacionarlo con un valor objetivo.

#### Compactación Inteligente

El Departamento de Transporte americano nos define lo siguiente: "IC (Intelligent Compaction) es un proceso que involucra

la medición y registro del momento (fecha y hora), de la ubicación y de los parámetros de compactación que se llevan a cabo durante el proceso de compactación con un compactador vibratorio y equipado con un sistema de medición y de posicionamiento global (GPS)".

La Administración Federal de Carreteras (FHWA) americana nos da esta otra perspectiva: "IC está orientado a la compactación de materiales de vías, tales como suelos, bases granulares o pavimentos asfálticos que usando un compactador vibratorio equipado con un sistema de medición, un sistema de reporte integrado y un sistema de posicionamiento global (GPS) nos permiten monitorear punto a punto en tiempo real las condiciones de compactación, corregirlas, documentarlas y controlarlas."

Los sistemas de posicionamiento global nos permiten acceder a la ubicación del equipo de compactación a través de su interacción con los satélites que se encuentran girando alrededor del planeta. Existen tres niveles de precisión obtenibles a partir de esta infraestructura: 10 metros con sistemas autónomos (solo GPS), 1 a 2 metros con el soporte de sistemas SBAS y, de no más de 1 cm con el soporte de un sistema de corrección por RTK.

Las figuras que a continuación se adjuntan al artículo muestran los diferentes casos mencionados anteriormente.

La oportunidad que nos ofrece la Compactación Inteligente es la de asegurar la consistencia del proyecto de compactación que nuestros proyectos involucran, con una inversión requerida que puede ser escalable de tal manera que un proceso considerado ciertamente "mecánico", y agregando un tremendo valor en la confiabilidad y durabilidad de los mismos.

A través de los sistemas de medición de compactación y una adecuada estrategia de recolección de datos, adquirimos un mejor conocimiento de nuestros procesos

e integramos este conocimiento al manejo y búsqueda de la eficiencia como economía de nuestras inversiones.

Los beneficios de la Compactación Inteligente resultan ser:

- Registrar instantáneamente el número de pasadas y el nivel de compactación.

- Identificar los puntos que requieren de un mayor o un menor de pasadas en base al objetivo de compactación establecido.

- Almacenar la información de proyecto en alguna plataforma web o física.
- Asegurar la consistencia de la compactación.

#### Conclusiones

La infraestructura latinoamericana está pasando por un gran momento de desarrollo y es la oportunidad para aprovechar este "momentum" en la innovación de los procesos constructivos. Por años, la compactación ha sido uno de las actividades donde menor innovación se ha registrado, desde la instrucción de la persona que la ejecuta hasta la manera de entender la necesidad de tener mayor control y dominio de la misma.

Hoy podemos disponer de elementos para la medición de la misma y el simplemente el hecho de tener una métrica nos lleva a la siguiente pregunta: ¿Cómo podemos hacerla mejor? Tener la certeza que este ya no es más un proceso donde solo contamos pases sino que podemos ver el impacto en la calidad y costos nos da una tremenda ventaja competitiva.

Veo en un corto plazo el avance de los sistemas de Compactación Inteligente en la integración con sus procesos. Contar con un mecanismo de medición en nuestros equipos de compactación es el primer paso a dar, solo reconociendo que podemos aprender lo que nos otorgan estos elementos y cuánto provecho podemos obtener en sus proyectos.

# JOHESA

CARRETERAS | CONSERVACIONES VIALES | AEROPUERTOS | MOVIMIENTOS DE TIERRA





- 38 años de experiencia en obras de infraestructura.
- Colaboradores profesionales y capacitados.
- Comprometidos con la seguridad ocupacional.
- Responsables con nuestro entorno social y ambiental.
- Contamos con maquinaria moderna y especializada.

Av. Angamos Oeste N° 577, Miraflores - Lima Tel.: (51) 446-5854 / (51) 446-8201

[www.johesa.com](http://www.johesa.com)



Los neumáticos usados pueden ser empleados en mezclas bituminosas. El Ministerio de Medio Ambiente de España ha elaborado un Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso para contribuir a ese objetivo.



# Emulsiones modificadas con polvo de neumático

En España se generan más de 300.000 toneladas al año de neumáticos fuera de uso (NFU), sin contar el “stock histórico” estimado ya en más de tres millones de toneladas. Esta cifra ha llevado al Ministerio de Medio Ambiente a elaborar un Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso para contribuir en la disminución de dichas cantidades siempre que sea técnica y económicamente posible.

En consecuencia, el Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) establece su posible uso en las mezclas bituminosas. Recientemente se han desarrollado los betunes modificados, mejorados o de alta viscosidad con caucho procedente de NFU, empleándose en carreteras como ligantes de iguales o mejores prestaciones que los betunes modificados con polímeros. Recientemente, es posible encontrar un nuevo ligante en el mercado que contiene NFU en su formulación, las emulsiones modificadas con polvo de neumático fuera de uso, NFU-emulsiones.

Nuria Querol Sola (\*)

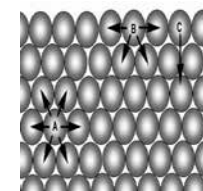
Se define emulsión asfáltica como sistema heterogéneo formado por dos o más fases líquidas, una fase continua, agua, y como mínimo una segunda fase líquida, betún, dispersada en forma de gotas.

Las emulsiones bituminosas son fluidos complejos. Su estabilidad depende de las fuerzas intermoleculares resultantes de las fuerzas atractivas y repulsivas que existen dentro de la estructura. Son sistemas termodinámicamente inestables, su inestabilidad se debe al aumento del área ( $\Delta A$ ) durante la emulsificación, que produce un incremento de la entalpía libre de Gibbs ( $\Delta G$ ):

$$\Delta G = \gamma \times \Delta A$$

Donde:

$\gamma$  = tensión interfacial



La estabilidad de las emulsiones se puede clasificar en: REVERSIBLE o IRREVERSIBLE.

## 1. Sedimentación reversible

### 1.1. Cremado y sedimentación

El betún tiene una densidad ligeramente superior que el agua, por lo tanto, por efecto de la gravedad las gotas tienden a orientarse al final del recipiente; es cuando

se produce la sedimentación. Si añadimos un solvente al betún, este puede adquirir menor densidad que el agua y orientarse hacia la superficie, este fenómeno se conoce como cremado. Podemos predecir esta velocidad de sedimentación a través de la ley de Stokes:

$$V = \frac{2g \cdot r^2 (\delta \text{ glóbulos} - \delta \text{ fase continua})}{9 \eta}$$

donde,

V=Velocidad final; cm/s  
 r=radio de las partículas; cm  
 $\delta$  glóbulos -  $\delta$  fase continua = densidad fase dispersa y medio dispersante  
 g=aceleración de la gravedad; 980 cm/s<sup>2</sup>  
 $\eta$ = viscosidad del medio dispersante; (g/cm/s)

Si  $\delta$  glóbulos >  $\delta$  fase continua  $\rightarrow$   
 $V > 0$  SEDIMENTACION

Si  $\delta$  glóbulos <  $\delta$  fase continua  $\rightarrow$   
 $V < 0$  CREMADO

Por lo tanto, el tamaño medio de una emulsión es directamente proporcional a la velocidad de sedimentación e inversamente proporcional a su viscosidad. Es decir, a menor tamaño medio, menor velocidad de sedimentación y mayor viscosidad para la misma concentración de betún asfáltico residual de la emulsión.

Resumiendo, la velocidad de sedimentación se puede reducir:

- Mejorando las condiciones de almacenamiento, manteniendo la emulsión a temperaturas bajas y/o agitando en periodos cortos de tiempo.
- Reduciendo la densidad del betún añadiendo un solvente.
- Previniendo la floculación cambiando el tipo y la concentración de tensioactivo o cambiando el pH.
- Aumentando el contenido de betún.
- Aumentando la viscosidad de la emulsión.
- Disminuyendo el tamaño de partícula de los glóbulos.

## 1.2) Floculación

La floculación es un proceso en el cual las gotas empiezan a unirse unas a otras. Normalmente hay una gota central de tamaño mayor rodeada de pequeñas gotas. Por lo tanto, cuanto mayor homogeneidad tenga la emulsión menor floculación. Normalmente la floculación desaparece con agitación.

La velocidad de floculación disminuye al reducir la concentración de la fase dispersa y en menor proporción al disminuir la temperatura, ya que la energía cinética de los glóbulos se incrementa al aumentar la temperatura.

## 2. Sedimentación irreversible

### 2.1) Coalescencia

Cuando dos gotas se fusionan y forman partículas más grandes, la emulsión normalmente tiende a romper. Este efecto empieza con la floculación, pero no desaparece con agitación. Este efecto puede venir influenciado por el contenido de emulsionante, la elección de un mal emulsionante, utilización de temperaturas erróneas.



neas durante el proceso de producción o almacenado.

La velocidad de coalescencia depende de:

- La velocidad de floculación previa a la fusión de los glóbulos (por lo tanto, de la concentración de la fase dispersa).
- Las propiedades de la interfase (cargas eléctricas, características líquido cristalino)
- HLB (Balance Hidrofílico-Lipofílico) del emulsionante, composición química y concentración.

#### Emulsión con polvo neumático

En el apartado anterior se ha querido enfatizar la importancia del tamaño de partícula de una emulsión en sus propiedades finales, así como la distribución granulométrica de estos tamaños, analíticamente llamado SPAM.

El tamaño de partícula y la distribución de este tamaño se controlan con la formulación, los productos químicos utilizados, y sobre todo con el sistema de fabricación. En un sistema convencional se utilizan molinos coloidales, de alto poder de cizalla donde se trabaja con un betún a baja viscosidad, 800 – 200 mPa.s a temperaturas de entre 120-140°C, en régimen de trabajo turbulento, y una temperatura para la fase continua acida de 40-60 °C. Este sistema de fabricación limita la viscosidad final de la emulsión, el tamaño medio y máximo de partícula así como la concentración de betún final en la emulsión.

Los parámetros que van a influir en las características finales de la emulsión son:

#### • ENERGIA DE DISPERSIÓN:

La dispersión de una emulsión es causa de la energía mecánica y fisicoquímica aplicada. La energía mecánica, proporcionada por el molino divide el ligante en pequeñas partículas, la energía fisicoquímica viene dada por el emulsionante y debe:

- Reducir la tensión interfacial entre la fase hidrocarbonada (betún) y la fase acuosa (agua) para facilitar la emulsificación.
- Crear una película protectora alrededor de las partículas.

En otras palabras, tiene que haber suficiente energía mecánica para proveer las partículas de ligante de un tamaño y concentración correcta, así como suficiente tensoactivo para mantener la estabilidad de la emulsión.

#### • SHEAR RATE:

Además de las materias primas utilizadas, la formulación, el tamaño y la distribución se controlan con el shear rate. El objetivo es mejorar la formación y distribución de las partículas de betún.

Los tamaños finales que se consiguen dependen directamente del método de fabricación utilizado y se pueden expresar como:

$$\text{Shear Rate} = 2\pi RV / 60E$$

Donde:

R = radio del Molino (rotor and stator combinación);  
V = velocidad de rotación (rpm);  
E = dimensión gap

Con sistemas convencionales de fabricación, se limita el tamaño medio de partícula para emulsiones fabricadas en 5 – 10 μm, pero tamaños máximos de hasta 50 μm. Con el sistema utilizado se trabaja con betunes a alta viscosidad, superiores a 5000 mPa.s y temperaturas bajas, alrededor de 100°C, con muy baja velocidad de agitación. Con este sistema de fabricación, utilizando los mismos productos químicos, y semejante formulación se consiguen emulsiones de alta concentración de betún asfáltico residual, con un

tamaño medio 1-2 μm, de muy baja polidispersidad, y gran estabilidad al almacenamiento, que admiten la incorporación de diferentes aditivos, como puede ser el polvo de neumático.

#### Diseño de la emulsión

Se realizan diferentes formulaciones con concentraciones de betún asfáltico residual que oscilan entre el 55 y el 62% y concentraciones de caucho entre 1-6%. Para su emulsificación se emplea un tensoactivo tipo diamina con una concentración entre el 0,4%-0,6%. El caucho seleccionado, además de presentar una buena digestión con el betún, contiene una granulometría muy fina con un tamaño de partículas inferior a 400 micras y una baja densidad de tal manera que su dispersión en el betún ha sido muy efectiva.

Los resultados presentados en esta comunicación corresponden tan solo a la formulación, que por el momento, han presentado mejores resultados.

#### Parte experimental

##### 1) Caracterización física de la NFU-Emulsión mediante los ensayos convencionales:

Se realiza una primera caracterización físico-química de la emulsión basada en ensayos empíricos convencionales correspondientes al pliego de prescripciones técnicas. Estos se han comparado con los resultados de una emulsión tipo C60BP4 modificada con polímeros comunes en el mercado:

CARACTERISTICAS			NFU-emulsión	C60BP4
Ensayo	norma	unidad	valor	
Emulsión original				
Betún asfáltico residual	NLT-139	%	60	59
Tamizado	NLT-142	%	0,30	0,04
Viscosidad Saybolt	NLT-138	s	130	48
Sedimentación	NLT-140	%	2	5
Residuo por evaporación a 163°C ( NLT-147 )				
Penetración ( 25°C,100g,5s)	NLT-124	0,1mm	76	130
Punto reblandecimiento A&B	NLT-125	°C	58	48

Tabla 1. Resumen de la caracterización físico-química inicial de la emulsión.

La NFU-emulsión presenta unos valores muy altos de tamizado, puesto que no todo el NFU se digiere en la matriz del betún y se queda retenido en el tamiz de 0.8 μm. Se trata de una emulsión muy viscosa, con valores de 130s (poco mas de 2 minutos) que casi triplican los de una emulsión convencional a mismo contenido de betún asfáltico residual.

Pero un parámetro importante a destacar, es su excelente valor de sedimentación, de tan solo el 2%, lo que significa que la emulsión es muy estable al almacenamiento. Por último destacar que se trata de una emulsión modificada con un residuo de betún asfáltico más duro que su homólogo, por las prestaciones que les confiere el NFU al betún. Se evalúan también sus propiedades elásticas a través del ensayo de fuerza/ductilidad UNE-EN 13589 por ser una emulsión modificada y los resultados obtenidos se observan en el gráfico 1.

Según la norma UNE-EN 13589: determinación de las propiedades de tracción de betunes modificados por el método de fuerza ductilidad y la norma UNE-EN 13703: Determinación de la energía de deformación se puede llegar a obtener un valor para la cohesión fuerza ductilidad a 5°C según la fórmula siguiente:

$$E_i = n_i \times E_u$$

Donde:

$$E_u = du \times F_u \quad du = \frac{D}{V \times t}$$

D = elongación de la probeta  
V = velocidad del papel de registro  
t = tiempo necesario para realizar el ensayo

#### FUERZA DUCTILIDAD

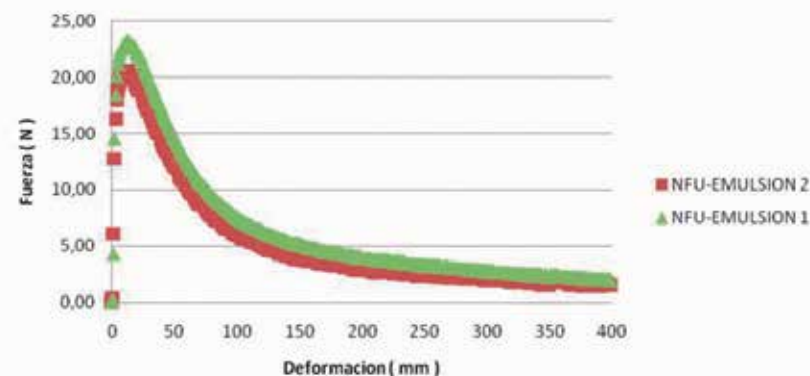


Gráfico 1. Representación de la Fuerza (N) frente a la deformación (mm) correspondiente al ensayo de Fuerza/ductilidad.

Así,

E DEFORMACION	J/cm2
NFUEMULSION 1	0.406
NFUEMULSION 2	0.563
C60BP4	≥ 1

Tabla 2. Resumen de las energías de deformación para las diferentes muestras de emulsión.

Los valores de energía están por debajo de los exigidos para una emulsión C60BP4 convencional si bien, la cantidad de NFU que contenían estas muestras era inferior a la cantidad de polímero equivalente que contiene una emulsión C60BP4.

#### 2) Determinación del tamaño de partícula

Se determina también el tamaño de partícula de estas emulsiones por ser un parámetro muy importante como ya hemos comentado anteriormente.

Tamaño partícula	T mínimo (d0,1)	T medio (d0,5)	T máximo (d0,9)
μm	1,980	4,004	7,982

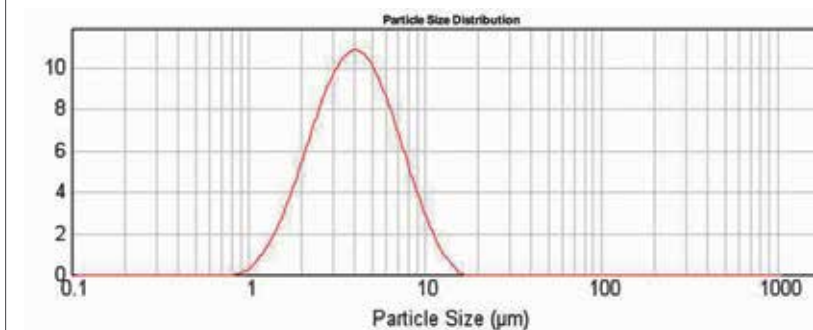


Figura 1: Granulometría de la emulsión modificada con polvo de neumático fuera de uso.

Para su determinación granulométrica se utiliza la técnica de difracción láser.

Como se puede observar en la siguiente tabla el tamaño medio de partícula de esta emulsión se encuentra en 4 micras, y el tamaño máximo en tan solo 8 micras.

Estos resultados concuerdan con los excelentes valores de sedimentación presentados anteriormente, puesto que según la ley de STOKES, a menor tamaño medio de partícula menor velocidad de sedimentación.

#### 3) Estudios de sedimentación

Finalmente, se dedica una especial atención al estudio de SEDIMENTACION, por ser una característica difícil de superar en los ligantes que contienen polvo de neumático fuera de uso en su formulación. Para ello se desarrollan dos métodos:

**El betún tiene una densidad ligeramente superior que el agua, por lo tanto, por efecto de la gravedad las gotas tienden a orientarse al final del recipiente; es cuando se produce la sedimentación. Si añadimos un solvente al betún, este puede adquirir menor densidad que el agua y orientarse hacia la superficie, este fenómeno se conoce como cremado**



### 3.1) Método convencional a través de la norma NLT-140 :

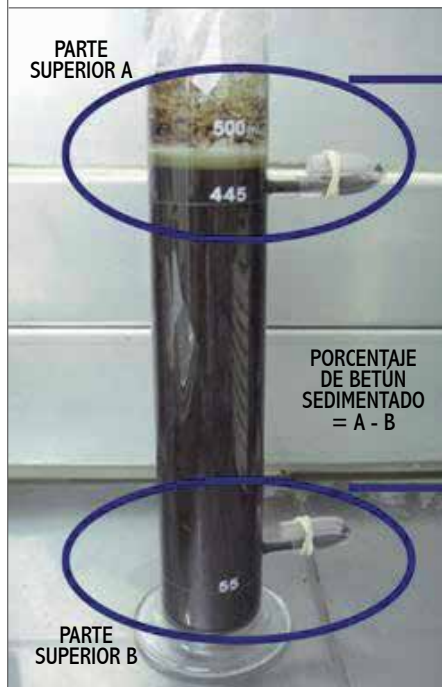


Figura 2: Probeta de sedimentación para emulsiones bituminosas

En este caso se obtiene, como ya se ha comentado anteriormente, valores del 2% de sedimentación, valor que hace pensar que la fórmula empleada para la fabricación de estas NFU-emulsiones es adecuada y permite obtener una emulsión modificada con polvo de caucho muy estable en el tiempo.

### 3.2) Sedimentación A: Estudio cualitativo y cuantitativo

Para poder analizar la dispersión del polvo de caucho en el seno de la emulsión así como comprobar la tendencia a la sedimentación de la NFU-emulsión, se utilizan dos tubos tipo tubo de "pasta de dientes", empleados para estudiar la estabilidad de los betunes modificados con polímero. En cada uno se introducen 150 mililitros de emulsión y se dejan durante siete días a temperatura ambiente como si se tratase del ensayo de sedimentación clásico. Transcurrido este periodo de reposo, los dos tubos se introducen en un congelador a una temperatura de -20°C durante 24 horas. Se corta uno de los dos tubos por la mitad con la finalidad de evaluar visualmente la dispersión del caucho mientras el segundo se corta en tres partes. Para determinar el grado de homogeneidad del ligante se elimina primero el agua

por evaporación a una temperatura de 50°C y se controla por pesada la pérdida de agua hasta obtener un peso constante. Una vez completada la evaporación de agua se extrae el caucho con el tetrahidrofurano, con una proporción de 50 mililitros por 1 gramo de betún residual, y se determina el porcentaje de NFU en cada una.

Como se ha precisado antes, después de dejar en reposo la emulsión los siete días a temperatura ambiente y puesto a -20°C, la distribución del caucho se evalúa de dos maneras distintas:

#### ENSAYO CUALITATIVO:

Se trata de una inspección visual de la distribución del NFU en el seno del betún. Para ello se parte el tubo de dientes por la mitad y se observa la distribución del caucho:

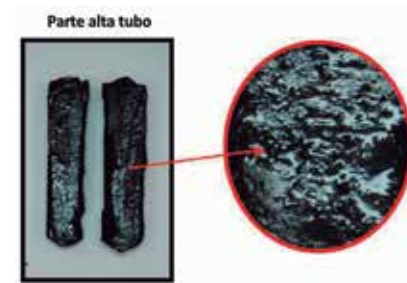


Figura 3: Evaluación visual de la dispersión del caucho en el seno de la emulsión.

#### ENSAYO CUANTITATIVO

En este caso, se corta el tubo en tres partes con la finalidad de determinar tras la evaporación completa del agua y una extracción con tetrahidrofurano la cantidad de polvo de neumático fuera de uso en cada una de las partes.



Figura 4: Método de análisis de la dispersión de NFU en la emulsión

Los porcentajes de caucho obtenidos para cada fracción han sido los siguientes:

Caso	Parte del tubo	% de NFU
Caso	Alta	3,6%
	Intermedia	3,5%
	Baja	4,2%

Tabla 3: Resumen del % de caucho obtenido con el THF en cada fracción.

Como se puede ver, la distribución del NFU es bastante homogénea, los tres valores obtenidos son muy similares y demuestran una perfecta distribución del NFU en el volumen de la emulsión apoyando así la evaluación visual precedente y la excelente estabilidad determinada gracias al ensayo de sedimentación de la NFU-emulsión.

### 4) Caracterización reológica

Los betunes son materiales viscoelásticos, es decir, al someterlos a una fuerza, la respuesta del material se traduce en dos componentes: una elástica, donde al retirarse la fuerza se recupera parte de la posición inicial, y otra viscosa, donde la deformación es permanente. Este comportamiento es función de la temperatura y de la carga aplicada. Así, para caracterizar correctamente un betún debemos medir al menos dos de sus propiedades: la resistencia del material a la deformación y su distribución entre sus componentes elástica y viscosa. La forma experimental de medir este comportamiento es a través de ensayos dinámicos de oscilación donde se utiliza un reómetro de corte dinámico (DSR) según el procedimiento descrito en la norma UNE EN 14770 – Determinación del módulo complejo y del ángulo de fase por medio de un reómetro de corte dinámico. Este equipo permite evaluar el comportamiento viscoelástico de los ligantes a través de la medida del módulo complejo  $G^*$ , indicador de la relación entre la carga aplicada y la deformación medida, y del ángulo de fase,  $\delta$ , referencia a la deformación recuperable y no recuperable, para los tres estados críticos del ligante.

• Para estudiar el comportamiento del ligante podemos estudiar tres áreas críticas de temperatura e intentar correlacionarlas con las propiedades finales del ligante:

•  $T > 100^\circ\text{C}$ : Los betunes se comportan como fluidos newtonianos. La medida de la viscosidad es suficiente para evaluar su trabajabilidad. Esta es independiente del tiempo de carga aplicado.

•  $45 > T < 85^\circ\text{C}$ : Los fallos en el pavimento son causados mayoritariamente por deformaciones plásticas. Es necesario medir  $G^*$  y  $\delta$  para conocer su comportamiento. Cuanto mayor sea  $G^*$ , mayor resistencia a la deformación, por lo tanto menor fallo por deformaciones plásticas; y cuanto menor sea  $\delta$ , mayor comportamiento elástico del ligante, por tanto menor fallo a deformaciones plásticas. Estos fallos son función de la carga aplicada, por lo tanto, debe considerarse el estudio a tiempos de carga rápidos, que se traducen en medidas realizadas a 10 rad/s, que son equivalentes a velocidades de 75-90 km/h.

•  $0 > T < 45^\circ\text{C}$ : En este caso, los fallos en el pavimento son causados mayoritariamente por fallos a fatiga causada por la repetición de ciclos de carga. A dichas temperaturas los betunes son más duros y menos elásticos. Nuevamente debemos medir  $G^*$  y  $\delta$ , pues el daño producido será función de cuanta deformación se produce y cuanta de esa deformación es recuperable. Los resultados serán también función del tiempo de carga, por tanto debemos realizar los ensayos a 10 rad/s, es decir 1.59 Hz.

Además de los criterios SUPERPAVE utilizados para evaluar el comportamiento de los diferentes ligantes a las deformaciones plásticas y fatiga, se realiza un barrido de frecuencia de las muestras entre 0.01 y 10 Hz a dos temperaturas de ensayo: 25 °C y 58°C para estudiar la variación de

módulos a cargas lentas y rápidas.

Se analiza el betún residual de la NFU-emulsión y se compara con el ligante residual de una emulsión modificada con polímeros, y como referencia se representan también los resultados de betún modificado con polvo de caucho (BMC-3b), un betún modificado con polímero (BM-3b), que sería el que mayor comportamiento elástico debería presentar.

Todos los ligantes han sido caracterizados en su estado original. Los resultados obtenidos se representan a través del diagrama de Black, variación del módulo complejo,  $G^*$ ; con la variación del ángulo de fase,  $\delta$ , y variación del módulo en función de la frecuencia.

En el diagrama de Black se observan bien dos comportamientos claramente diferenciados: un comportamiento lineal, consecuencia de la escasa contribución elástica, y un comportamiento en forma de S, típico de los ligantes que contienen polímeros, debido a la interacción del comportamiento elástico del polímero y el comportamiento viscoelástico del ligante modificado. En el siguiente gráfico queda representado el comportamiento de estos cuatro ligantes: Ver figura 8.

Se observa que el ligante que mayor comportamiento elástico presenta, curva en S, es el correspondiente al betún modificado con polímeros, representado en color verde, seguido del betún modificado con polvo de neumático fuera de uso, color azul, y el residuo de la emulsión modificada con polímeros, color granate. Por último,

**Los betunes son materiales viscoelásticos, es decir, al someterlos a una fuerza, la respuesta del material se traduce en dos componentes: una elástica, donde al retirarse la fuerza se recupera parte de la posición inicial, y otra viscosa, donde la deformación es permanente. Este comportamiento es función de la temperatura y de la carga aplicada.**

mo, el ligante con menor comportamiento elástico es el correspondiente al residuo de la emulsión con polvo de neumático, ya que la cantidad de caucho incorporada es todavía muy pequeña para que esta propiedad pueda ser significativa.

También se puede ver claramente la diferencia de comportamiento viscoelástico entre los diferentes ligantes. A altas temperaturas, el ligante que presenta mayores valores de  $G^*$ , es decir mayor resistencia a la deformación, es el correspondiente al betún modificado con polímeros, pero cabe observar que el valor del betún residual de la NFU-emulsión es prácticamente el mismo. Mientras que a temperaturas intermedias, el menor valor de  $\delta$ , comportamiento más elástico, corresponde al betún modificado con caucho, seguido por el residuo de la NFU-emulsión que contendría el mismo valor que el residuo de la emulsión modificada con polímeros.

En el gráfico siguiente se representan los módulos  $G'$  (contribución elástica) y  $G''$  (contribución viscosa) a temperatura intermedia, 25°C, en todo el rango de frecuencias para el residuo de la NFU-emulsión y para el residuo de una emulsión modificada con polímeros. Los dos residuos tienen un comportamiento mayormente viscoso, pues los valores de  $G''$  se encuentran en todo el rango de frecuencias por encima de los valores de  $G'$ . Para cargas lentas, frecuencias de 0.01Hz, el residuo de la NFU da valores inferiores, es decir, peor comportamiento a fatiga, si bien, para cargas rápidas, frecuencias de 10 Hz, ambos ligantes tienen comportamientos similares. Ver figura 9.

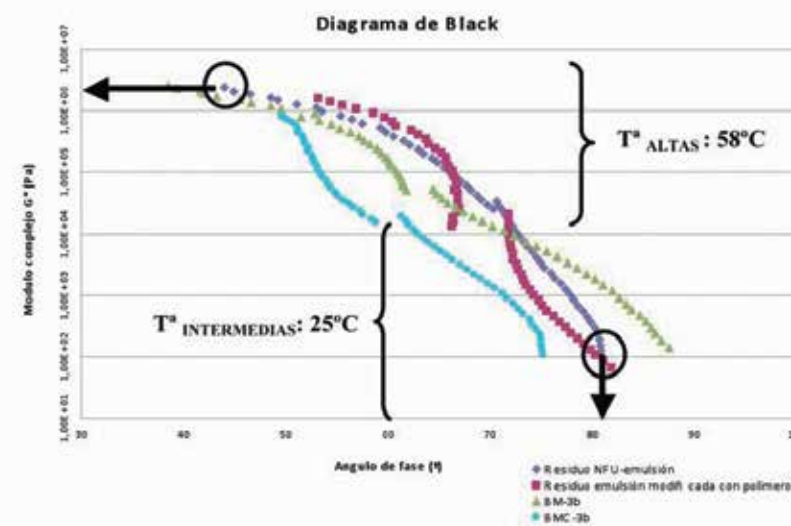


Figura 8: Diagrama de Black de los cuatro ligantes estudiados.





TIERRA VIVA  
HOTELS  
Seize your day



ESTAMOS EN CINCO DESTINOS DEL PERU:  
LIMA, CUSCO, PUNO, AREQUIPA Y MACHU PICCHU



CONTRIBUIMOS A QUE TU VIAJE SE  
CONVIERTA EN UNA EXPERIENCIA INOLVIDABLE

www.tierravivahoteles.com

Módulos en función de la frecuencia  $\omega$

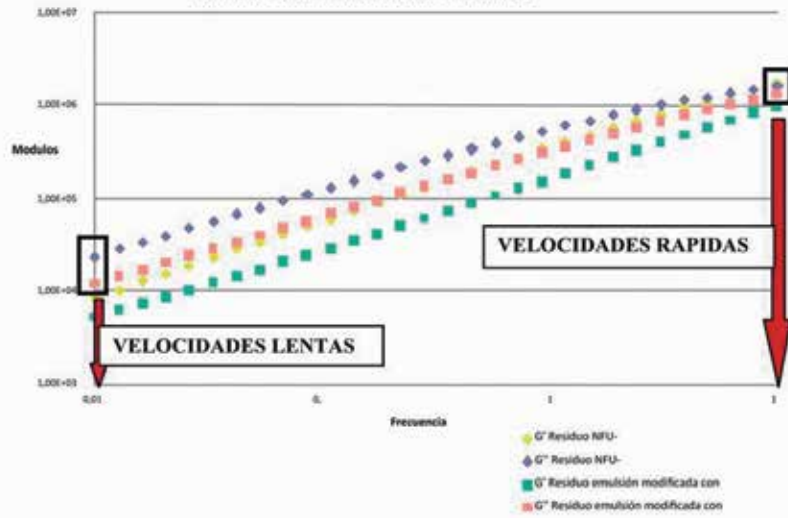


Figura 9: Módulos elásticos y viscosos en función de la frecuencia del residuo de una emulsión modificada con polímero y del residuo de la NFU-emulsión a 25°C

Referencias

- [1] Dupon. 2009: Invention et évolution des pneumatiques, www.moto-histo.com/pneus/pneus.htm.
- [2] CEDEX. , Mayo 2007.Ministerio de Medio Ambiente: Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas
- [3] Samaraz 2008. Chemical Consulting: Reciclaje de neumáticos fuera de uso – Trituración mecánica.
- [4] POTTI, Juan Jose. Enero-Febrero 2005: Innovaciones en ligantes bituminosos, Revista CARRETERAS, núm. 138,
- [5] COLAS VICTORIA Ma Mar, et al. 2008. Reología de los betunes con caucho, VIII Congreso Nacional de firmes.
- [6] UNE-EN 1429. Octubre 2009.: Determinación del residuo por tamizado de las emulsiones bituminosas, y determinación de la estabilidad al almacenamiento por tamizado,
- [7] NLT – 138. 1999. Viscosidad Saybolt de las emulsiones bituminosas,
- [8] NLT – 140 Octubre 2009. Sedimentación de las emulsiones bituminosas,
- [10] UNE-EN 12847: Determinación de la tendencia a la sedimentación de las emulsiones bituminosas,
- [9] ISO 13320: Diciembre 2009 Particle size analysis – Laser diffraction methods,.
- [10] Potti, JJ. Septiembre-Octubre 1999. "Emulsiones catiónicas de rotura lenta en carreteras. Primeros resultados del proyecto Europeo Optel". Revista "Carreteras" número 103 páginas 81- 97.
- [11] K. Van Nieuwenhuyze, et al. March 2001. "Understanding the relationship between emulsion properties and binder/emulsifier characteristics." European Research project. Cold Mix Technology. Revue Générale des Routes et des Aéro-dromes número 793.
- [12] L. Bonakdar, J. et al. 2001 "Rupturing of bitumen-in-water emulsions: experimental evidence for viscous sintering phenomena." Paper accepted for publication in Colloids and Surfaces, A: Physicochemical and Engineering Aspects 176. P.185-194.
- [13] Y. Lendresse, et al. 7 -10 May 1996 "The performance of emulsion-grade bitumens. The use of a new method for characterising their interfacial properties, Eurasphalt & Eurobitume Congress, Strasbourg (France),, Paper nº 6.038. •

CONCLUSIONES:

- Existe una nueva generación de emulsiones modificadas formuladas con polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso, estables al almacenamiento.
- Los ensayos de caracterización físico-química iniciales permiten apreciar las características de este ligante comparables con una emulsión modificada con polímeros común del mercado. Cabe destacar los excelentes valores obtenidos en el ensayo NLT-140 correspondientes al ensayo de sedimentación.
- El ensayo de fuerza ductilidad UNE-EN 13589 muestra que se trata de una emulsión con un alto valor de cohesión si tenemos en cuenta que la cantidad de caucho que contiene está muy por debajo de la cantidad de polímero utilizado para formular una emulsión modificada.
- Los resultados del ensayo cualitativo junto con los del ensayo cuantitativo con THF ratifican los excelentes valores obtenidos en el ensayo de sedimentación.
- Según el diagrama de Black el comportamiento elástico de la NFU-emulsión es muy poco significativo comparado con una posible emulsión homóloga C60BP4, pero la cantidad máxima de caucho que se puede incorporar en

estas emulsiones está todavía por determinar y esta propiedad puede variar significativamente. Para temperaturas altas, 58°C, el valor de  $G^*$  para el residuo de la NFU-emulsión es prácticamente igual al de la emulsión modificada con polímeros. Y para temperaturas intermedias, 25°C, el valor de  $\delta$  es igual para los dos ligantes anteriormente mencionados.

- En el barrido de frecuencias, para velocidades lentas, el residuo de la emulsión modificada con polímeros presenta mejores resultados, pero para cargas rápidas los valores de  $G''$  son iguales para los dos ligantes.
- Con la puesta a punto de la formulación de la última generación de emulsión modificada con polvo de caucho procedente de los neumáticos fuera de uso, SORIGUÉ consigue unir las ventajas de la utilización de las emulsiones en la construcción de carreteras a las ventajas aportadas por el ligante modificado con caucho con un compromiso medioambiental importante colaborando con este nuevo ligante en su reutilización, revalorización y eliminación de este residuo.

(\*) Licenciada en Química y Bioquímica. Doctora en emulsiones bituminosas. Experiencia en litigantes y emulsiones bituminosas. Autora de varios artículos en revistas técnicas.





# Pavimentos rígidos versus Flexibles

## Mitos o Realidades

Dado que un gran porcentaje de los accidentes automovilísticos que tienen lugar todos los días en las grandes ciudades están relacionados con el deterioro de las calles, resulta de gran importancia prolongar la vida de los pavimentos.

Desde principios del siglo XX, los pavimentos han experimentado una evolución tecnológica continua impulsada por la necesidad de proveer vías de transporte eficientes. Durante este desarrollo el dilema de elegir entre un pavimento rígido o flexible ha sido materia de discusiones técnicas basadas en argumentos que también han evolucionado con el tiempo debido a la aparición de nuevos materiales, enfoques distintos en el diseño de pavimentos, y la implementación de técnicas constructivas más eficientes. En esta evolución tecnológica hay argumentos que en la actualidad solo pueden sostenerse dentro de un determinado contexto pasando a ser mitos y no realidades. Este artículo presenta una perspectiva abierta con la intención de incentivar un diálogo proactivo que conduzca al diseño, construcción, y mantenimiento de pavimentos que tengan un desempeño superior y que sea concordante con los conocimientos técnicos modernos.



Es conveniente recordar que el pavimento es una estructura sometida a cargas externas de tráfico y clima que generan esfuerzos y deformaciones internas en las capas que lo componen. El tipo de estructura de pavimento a emplear depende de la función a desempeñar y de los factores que los afectan durante el período de servicio para el cual se diseña. Entre estos factores, además del tráfico y el clima, se encuentran las propiedades de los materiales que conforman las capas del pavimento. El desempeño del pavimento está íntimamente ligado al comportamiento de los materiales que lo componen ante la acción de las cargas externas. Independientemente del tipo de pavimento, una adecuada respuesta estructural y funcional del pavimento depende de la calidad de los materiales, un proceso constructivo responsable, y un programa de mantenimiento oportuno.

En lo que respecta al diseño de pavimentos, es fundamental efectuar el análisis estructural y funcional empleando modelos que representen en forma realista los efectos en el desempeño de la estructura de pavimento ante las solicitaciones de carga. Con este propósito, es recomendable utilizar métodos mecánicos de diseño de pavimentos debidamente calibrados a las condiciones locales. Estos métodos, como por ejemplo el AASHTO 2008, simulan el efecto del medio ambiente en la estructura del pavimento como son los cambios de temperatura y humedad y las cargas de tráfico actuantes, considerando su impacto en los niveles de serviciabilidad y la probabilidad de aparición de fallas en el pavimento. Con el uso de modelos de desempeño integrados, se puede proyectar la condición del pavimento a lo largo de su vida en servicio, verificando si los niveles de tolerancia son cumplidos satisfactoriamente. La estructura de pavimento que satisfice los niveles de tolerancia estructural y funcional es seleccionada como una alternativa técnica viable.

En un enfoque integral de diseño de pavimentos se consideran objetivos múltiples, definiendo los niveles de aceptación para cada uno de los parámetros que intervienen en el proceso de acuerdo al grado de importancia que se les asigne. Entre estos objetivos se encuentran: brindar una adecuada serviciabilidad o comodidad a los usuarios que transitan por el pavimento, la durabilidad de la estructura de pavi-

mento en el tiempo, confiabilidad en que el pavimento se comporte como ha sido diseñado, seguridad ante el tránsito de los vehículos al brindar una buena fricción entre los neumáticos de los vehículos y la superficie de rodadura, amistoso al medio ambiente, y el minimizar los costos de construcción y mantenimiento durante su vida en servicio. Sin embargo, ¿será posible satisfacer estos objetivos múltiples y criterios de diseño en forma simultánea? Bajo esta perspectiva procedemos a comparar los pavimentos rígidos con los flexibles.

### Comparación de Pavimentos Rígidos y Flexibles

**1. Período de Diseño y Durabilidad:** Tradicionalmente los períodos de diseño para los pavimentos flexibles son menores que para los pavimentos rígidos. Por ejemplo, el Manual Peruano 2014 de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos, recomienda períodos de diseño de 10 a 20 años para pavimentos flexibles y de un mínimo de 20 años para pavimentos de concreto. Esta recomendación refleja la percepción de que los pavimentos rígidos tienen una vida más larga que los flexibles. Sin embargo, es posible diseñar pavimentos rígidos para 10 años. Restringir el uso de los pavimentos rígidos solo para proyectos con una vida en servicio de 20 años o más reduce aplicaciones que en la práctica son viables, como por ejemplo en los pavimentos urbanos en donde la alter-

nativa de pavimentos de concreto es una posibilidad.

Por otro lado, es posible tener pavimentos flexibles diseñados para períodos de vida mayores a los 20 años, puesto que existen en la actualidad asfaltos de calidades superiores o modificadas, y con un adecuado diseño – al margen del tema de costos – pueden diseñarse pavimentos flexibles más longevos.

Es un mito definir el tipo de pavimento basado solamente en el período de diseño puesto que el avance tecnológico en los materiales y metodologías actuales permiten realizar diseños de pavimentos flexibles o rígidos para el período en servicio que se desee.

### 2. Desempeño Estructural y Transmisión de Esfuerzos:

Los pavimentos flexibles están compuestos por múltiples capas en donde los esfuerzos transmitidos por las cargas actuantes son distribuidos en forma gradual a través de la estructura del pavimento. Todas las capas que componen la estructura del pavimento flexible cumplen una función estructural.

En el caso de los pavimentos rígidos, es la losa de concreto la que trabaja estructuralmente y absorbe los esfuerzos producidos por las cargas actuantes. La losa puede inclusive colocarse directamente sobre la subrasante si ésta está compuesta por un suelo de buena calidad, sino se coloca una base granular que brinde una superficie uniforme sobre la cual apoyar la losa.

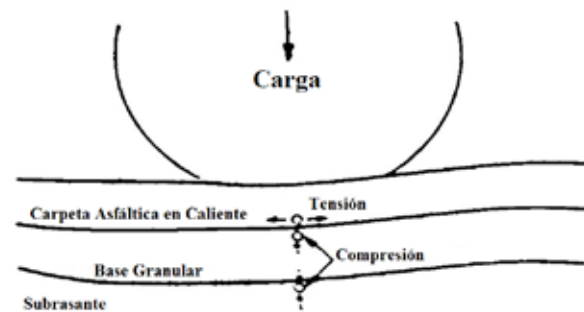


Figura 1: Transmisión de Esfuerzos en las Capas que Componen un Pavimento Flexible.

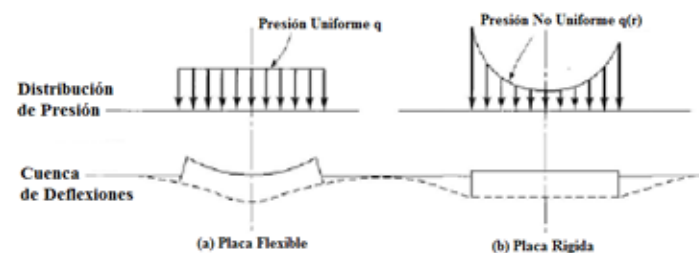


Figura 2: Diferencias entre Placas Flexibles y Rígidas en la Transmisión de Esfuerzos.

Es una realidad que los pavimentos flexibles y los rígidos tienen un comportamiento estructural distinto debido a las propiedades de los materiales que los componen.

**3. Tipos de Falla:** Los pavimentos flexibles presentan fallas por fatiga o por deformación de la subrasante u otra de las capas que la componen. Las fallas por fatiga se observan como fisuras longitudinales en la huella del neumático y con el tiempo de no ser debidamente tratadas se convierten en fallas tipo piel de cocodrilo. La deformación causada por deformaciones plásticas acumuladas no recuperables durante la acción cíclica de las cargas se manifiesta como ahuellamiento. (Ver figuras 3a, 3b, 4a y 4b).

En el caso de los pavimentos rígidos las fallas típicas son por fatiga cuando los esfuerzos actuantes superan la resistencia de la losa de concreto y se presentan fisuras, o por bombeo de finos de la capa inferior donde se apoya la losa que con el tiempo se manifiesta como desniveles. (Ver figuras 5a, 5b, 6a y 6b).

Es una realidad que los pavimentos flexibles y los rígidos tienen mecanismos de falla distintos puesto que su respuesta ante la acción de las cargas actuantes es distinta.

**4. Serviciabilidad:** El grado de comodidad que el pavimento brinda al usuario es un aspecto de gran importancia. Existen diferentes maneras para analizar y cuantificar el nivel de servicio.

Un parámetro usado en el Manual de Diseño AASHTO 1993 es el Índice de Servicio (Present Serviciability Index - PSI), que establece una escala subjetiva de calificación de 0 a 5, siendo 5 la condición calificada como excelente. Otro indicador más objetivo es el Índice de Rugosidad Internacional (International Roughness Index - IRI) que es adoptado por el AASHTO 2008.

Como referencia los pavimentos nuevos tienen valores de IRI de 2.0 m/Km, mientras que durante la vida en servicio puede incrementarse hasta un IRI de 3.5 m/Km. El Manual Peruano 2014 de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos presenta el siguiente cuadro para valores admisibles con respecto al coeficiente de fricción. (Ver cuadro 1).



Figura 3.a Fisuras por Fatiga en la Huella

Figura 3.b Ahuellamiento

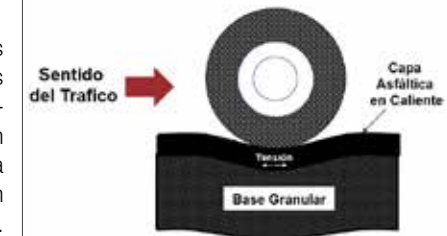


Figura 4.a Falla por Fatiga



Figura 4.b Falla por Deformación



Figura 5.a Fisuras por Fatiga



Figura 5.b Desnivel entre las losas

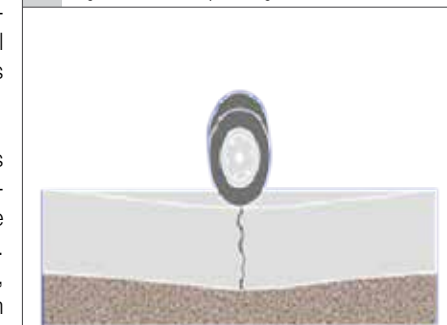


Figura 6.a Posible falla por fatiga

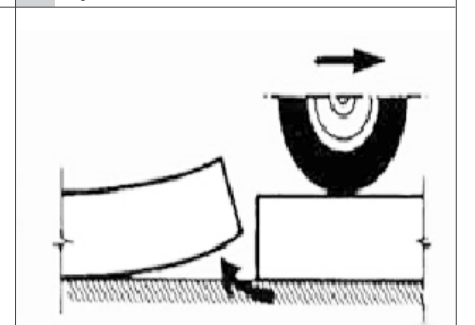


Figura 6.b. Posible falla por erosión



CUADRO 1 VALORES DE RUGOSIDAD ADMISIBLE (IRI) SEGÚN TIPO DE CARRETERA

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (M/KM)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (M/KM)	Rugosidad Característica Durante el Periodo de Servicio IRI(M/KM)	Observación
Autopistas: carretas de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 98%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carretera con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercer Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%

Fuente: Manual Peruano 2014

Debido al tipo de acabado o por falta de mantenimiento hay la percepción que los pavimentos flexibles brindan mayor comodidad al usuario que los pavimentos rígidos, sobre todo cuando se comparan con pavimentos rígidos con juntas en donde desniveles mínimos entre las losas se manifestarían como una mayor irregularidad o incremento en el valor de IRI. Un adecuado proceso constructivo y mantenimiento oportuno durante la vida en servicio permite que ambos pavimentos puedan brindar un mismo nivel de serviciabilidad. Es un mito que el tipo de pavimento defina el nivel de serviciabilidad. Más aún, el parámetro de serviciabilidad se emplea para definir a los pavimentos equivalentes que son aquellos que brindan el mismo nivel de servicio durante su vida útil para las acciones de carga a los cuales están sometidos.

**5. Efectos medio ambientales:** Ambos pavimentos flexibles y rígidos están sometidos y son afectados por el medio ambiente. En el caso de los pavimentos flexibles, el asfalto es un material termo-plástico que cambia sus propiedades de viscosidad y

resistencia de acuerdo a las temperaturas y está sujeto al fenómeno de oxidación durante su vida útil. Con el paso del tiempo, el pavimento flexible es más sensible al fisuramiento, así mismo en climas fríos tiende a "rigidizarse" y pueden aparecer fisuras transversales debido a cambios en el gradiente térmico, mientras que en climas cálidos es más blando con tendencia a ahuellarse ante la acción del tráfico. El pavimento rígido es también afectado por el medio ambiente y cambios de temperatura generan problemas de alabeo y esfuerzos de contracción, que de superar la resistencia del concreto se manifiesta en fisuras y problemas de transferencia de carga entre losas. Sin embargo, la percepción es que en términos generales, el pavimento rígido de concreto es menos sensible a los cambios medio ambientales. En la actualidad hay una gran preocupación por el empleo de materiales y técnicas constructivas que mitiguen el impacto medio ambiental. En este sentido, los pavimentos de concreto son considerados como "pavimentos sostenibles" que reaccionan mejor ante los cambios climáticos y contribuyen a mitigar el calentamiento

global al tener un albedo más alto o capacidad mayor para reflejar la luz, reducen la contaminación ambiental por una emisión de gases CO2 menor durante la producción y colocación y ahorran energía. Es una realidad que el pavimento rígido, en términos generales, es menos sensible a los efectos medio ambientales y se consideran más ecológicos. Sin embargo, es un mito que con los materiales bituminosos actualmente disponibles y las nuevas técnicas de construcción, los pavimentos flexibles no puedan diseñarse considerando los efectos medio ambientales. La elección del tipo de asfalto adecuado a las condiciones climáticas actuantes – clasificación de asfalto basada en el desempeño PG (Performance Grade) - y el uso de mezclas asfálticas en frío o en tibio, mezclas asfálticas porosas, e inclusive asfaltos de colores son opciones para el diseño de pavimentos flexibles sostenibles.

**6. Seguridad:** El pavimento debe proveer una superficie de rodadura con la suficiente fricción al contacto con los neumáticos que evite la pérdida de control del vehículo

CUADRO 2. TEXTURA SUPERFICIAL

Textura Superficial	Superficie de Rodadura Tratamiento Superficial		Superficie de Rodadura Mezcla Asfáltica	
	Textura (MM)	Coefficiente de Fricción (SCRIM A 50KM/H)	Textura (MM)	Coefficiente de Fricción (SCRIM A 50KM/H)
Buena	1.5	0.6	0.7	0.5
Regular	0.7	0.45	0.5	0.4
Mala (superficie resbaladiza)	0.3	0.3	0.3	0.3

Fuente: Manual Peruano 2014

lo por deslizamiento, especialmente cuando la superficie está húmeda. Un indicador empleado para medir este factor es el índice de deslizamiento, el cual se obtiene multiplicando el coeficiente de fricción por 100, y puede ser medido con el procedimiento descrito en la norma ASTM E 274. El Manual Peruano 2014 de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos presenta el siguiente cuadro con valores admisibles para el coeficiente de fricción. (Ver cuadro 2). En situación similar a la serviciabilidad, hay la percepción que un tipo de pavimento brinda mayor seguridad que otro. Este es un mito, la realidad es que la seguridad depende del tipo de textura de la superficie de rodadura del pavimento y que con una técnica constructiva adecuada ambos pavimentos pueden satisfacer las exigencias de seguridad.

**7. Costos:** Los costos son muy importantes al momento de seleccionar el tipo de pavimento. Considerando un enfoque integral, el análisis debe incluir todos los costos de inversión durante el ciclo de vida del pavimento: costos de construcción, costos de mantenimiento, costo de rehabilitación, y valor remanente. Estos costos se utilizan en el análisis económico para estimar: relaciones beneficio / costo, calcular Tasas Internas de Retorno (TIR), y el Valor Presente (VP). En análisis comple-

mentarios se incluyen también los costos de operación vehicular, costos de tiempo de transporte, y costos de accidentes. (Ver figura 7). Tradicionalmente se tiene la percepción que los costos de los pavimentos flexibles son menores que los de pavimentos rígidos, especialmente los costos de construcción iniciales; mientras que los costos de mantenimiento son mayores comparados con los de un pavimento rígido. La realidad es que los costos dependen de las características del proyecto, período de diseño, y condiciones del mercado. Incluso a nivel de costo inicial, hay épocas en que el asfalto ha subido sustancialmente de precio que la diferencia en costo con los pavimentos rígidos de concreto puede ser no significativa. Otro mito es que los pavimentos rígidos de concreto no pueden entrar en servicio hasta después de 7 o 14 días por temas de fraguado y curado, la realidad es que existe el concreto tipo "fast track" o de "fraguado rápido" que permiten que el pavimento entre en servicio a las 24 horas. Es por eso, que en los Estados Unidos de América varios Departamentos de Transportes están incluyendo diseños equivalentes de pavimentos rígidos y flexibles en los expedientes de licitación pública. Entre los Estados que están empleando esta modalidad se encuentran: Carolina

del Sur, California, Colorado, Louisiana, Pennsylvania, Washington y más recientemente Texas. La implementación de esta modalidad de licitación ha llevado a un ahorro sustancial en los costos de construcción y mantenimiento de pavimentos, y ha mejorado el desempeño a lo largo de su vida útil.

**Reflexiones finales**

Los pavimentos deben diseñarse para las propiedades de subrasante, condiciones de tráfico, efectos medio ambientales a los que estará sometido durante su vida en servicio. Las propiedades de los materiales, técnicas de construcción, y políticas de mantenimiento afectan el desempeño del pavimento. El estado del arte actual tiene por objetivo un desempeño integral del pavimento considerando aspectos funcionales y estructurales. Los criterios de desempeño y niveles de tolerancia considerados como aceptables son establecidos por el diseñador en coordinación con la agencia de transportes responsable de la red vial. Aplicando una filosofía que enfatiza un desempeño integral, la elección del tipo de pavimento depende de un análisis costo-beneficio de las alternativas planteadas. Técnicamente, con el avance tecnológico en los materiales bituminosos y de concreto, así como de métodos constructivos más eficientes, la realidad es que ambos tipos de pavimento rígido y flexible pueden satisfacer los niveles de servicio exigidos. En los casos en que la diferencia en costos totales en términos de valor presente es mínima, se recomienda incorporar diseños alternativos de pavimentos rígido y flexible en los expedientes técnicos y que la definición se realice en el proceso de licitación.

(\* Ingeniero Civil y doctor en Ingeniería. Profesor Asociado del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Texas en El Paso (UTEP). Experto profesional en diseño y evaluación de pavimentos. Supervisión y control de calidad, mantenimiento y rehabilitación. Sistemas de Gestión de Carreteras.

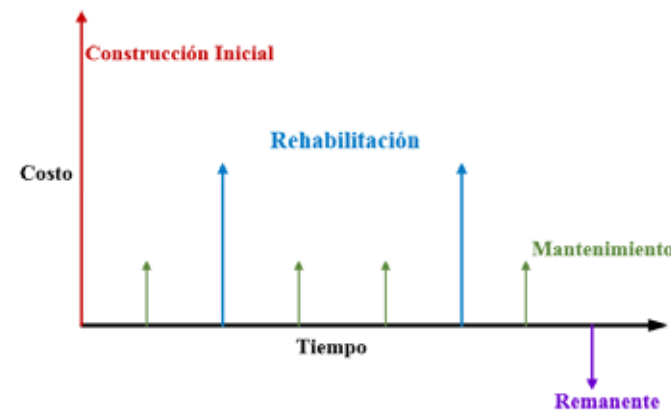


Figura 7: Costos durante el Ciclo de Vida de un Pavimento





Aplicación de mezclas  
**asfálticas**  
**sustentables**



Las mezclas asfálticas sustentables o mezclas asfálticas tibias “Warm Mix Asphalt (WMA)” constituyen una nueva tecnología, por el cual se pretenden reducir las temperaturas de mezclado y compactación, para tal efecto se trata de modificar la viscosidad del cemento asfáltico convencional y por ende conseguir menores temperaturas de fabricación de mezclas asfálticas. Al propiciar la reducción de la temperatura de mezcla, se obtiene menor emisión de gases y un menor consumo de combustibles fósiles.

Marco Montalvo Farfán (\*)

Este trabajo efectuado en el laboratorio de la empresa CESEL SA pretende mostrar una serie de formulaciones basadas en como los cementos asfálticos peruanos, combinado con una sustancia química se logra reducir la viscosidad del cemento asfáltico, logrando mezclar y compactar las mezclas asfálticas con una reducción de temperaturas de hasta 20°C respecto a las mezclas asfálticas convencionales.

Dentro de las ventajas de poder reducir la viscosidad del asfalto está la de obtener mezclas con bajos contenidos de vacíos, mejorar la densificación de las mismas así como reducir la oxidación del asfalto ya que se utilizara menor temperatura de fabricación.

Adicionalmente y lo más importante a nuestro juicio que se tendría una tecnología concordante con el Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático que es un acuerdo internacional que el Perú ha suscrito y que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO2), gas metano (CH4) y óxido nitroso (N2O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF6), en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990.

La producción de mezclas asfálticas en caliente es una de las actividades industriales dentro del sector transportes que se encuentra afectada, tal como estipula el artículo 10 el Protocolo de Kyoto, por lo que en el sector está surgiendo la necesidad de proceder a tomar medidas que permita el desarrollo de nuevas alternativas de productos o bien en la mejora de los existentes, de manera que se pueda cumplir con los requisitos exigidos, pero sin que por ello se vean afectadas las ca-

racterísticas de las mezclas asfálticas en sus propiedades reológicas. Uno de los aspectos a desarrollar, y que diversos estudios ya publicados han comenzado sobre ello con el estudio de las mezclas asfálticas, han consistido en conocer la influencia de todos los elementos que intervienen en la fabricación de las mezclas bituminosas, frente a los requisitos del protocolo de Kyoto, y que se englobarían en:

- Consumo de combustible
- Emisiones de gases

Generalmente en función de la temperatura utilizada se pueden distinguir hasta cuatro grupos de mezclas, las mismas que se muestran en el cuadro N° 1.

Entre los años de 1995-1996 se realizaron las primeras experiencias en Europa y entre los años 1997-1999 se construyeron los primeros pavimentos en Alemania. En el año 1997 en el German Bitumen Forum se dio a conocer el inicio de las Mezclas Sustentables (WMA).

En el 2005 y 2006 se efectúan numerosos trabajos de campo y la National Center for Asphalt Technology (NCAT) publica la Investigación sobre el Aspha-min, Sasobit y Evotherm.

En el XV CILA, Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto realizado en Noviembre del 2009 en Lisboa Portugal, se presentaron una serie de trabajos relacionados a las Mezclas Tibias cuyas exposiciones

más destacables fueron las de Madrid, Sevilla y Barcelona en España y de México.

#### Mezclas asfálticas sustentables

Las mezclas asfálticas sustentables es un grupo de tecnologías que permiten una reducción en las temperaturas de mezclado del asfalto que se produce y se colocan para su compactación. Estas tecnologías tienden a reducir la viscosidad del asfalto y prever el revestimiento completo de agregados a temperaturas más bajas. WMA se produce temperaturas de 20 a 55 ° C (35 a 100 ° F) inferior al típico mezcla caliente de asfalto (HMA).

#### Aplicación de la tecnología

Las Especificaciones Generales del Ministerio de Transportes, en lo concerniente a la preparación de las mezclas asfálticas en caliente señalan: “El cemento asfáltico será calentado a un temperatura tal, que se obtenga una viscosidad comprendida entre 75 y 155 SSF (según Carta Viscosidad-Temperatura proporcionado por el fabricante) y verificada en laboratorio por la Supervisión.”

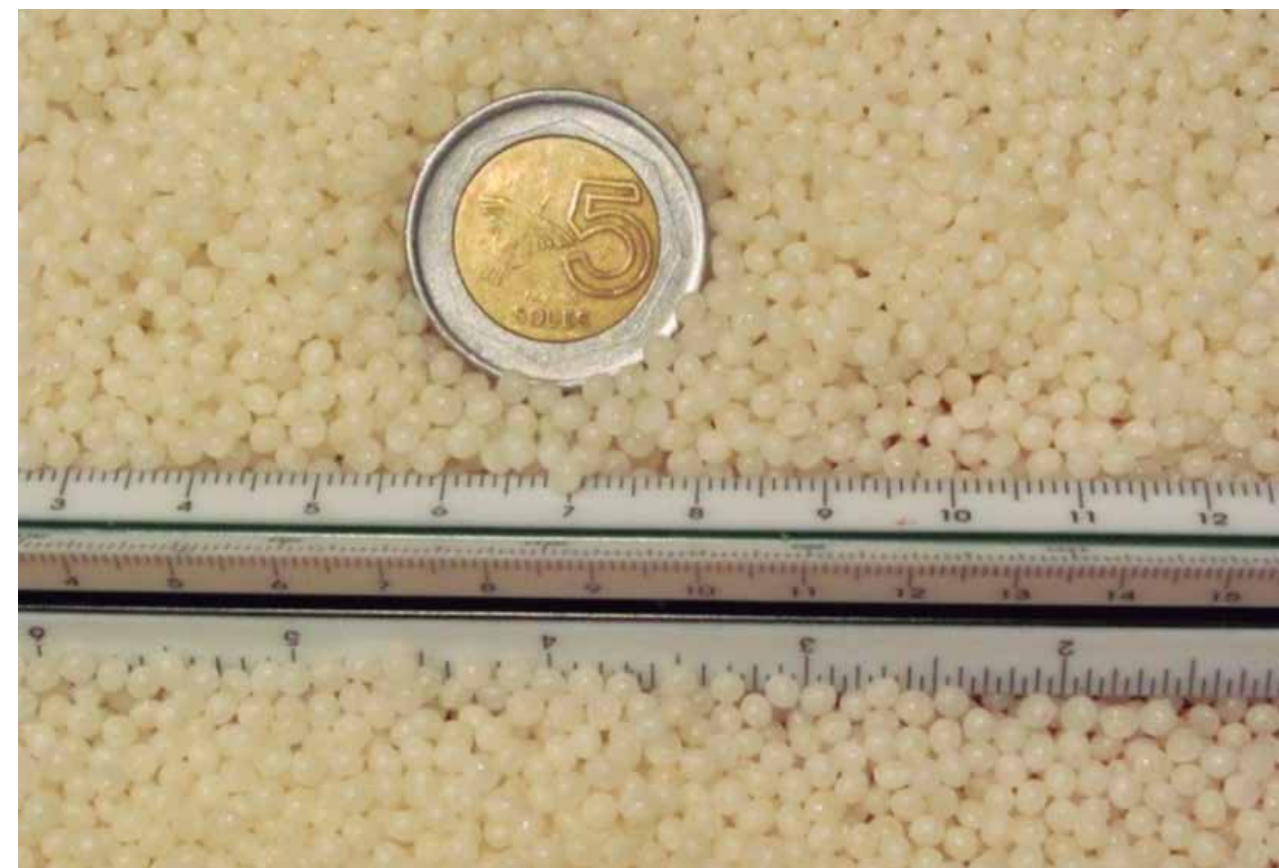
En el Perú las Refinerías que producen asfaltos reportan los certificados de calidad del cemento asfáltico clasificados por el sistema de Penetración, en consecuencia no reportan ensayos de viscosidad absoluta ni cinemática, sin embargo a requerimiento de los usuarios sobre todo para el ensayo de Carta Viscosidad-Tempera-

CUADRO N° 1 TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

TIPO DE MEZCLAS	TEMPERATURAS DE APLICACIÓN
Mezclas en caliente	140°C < T°C < 180°C
Mezclas Semicalientes (Sustentables)	100°C < T°C < 140°C
Mezclas Templadas	60°C < T°C < 100°C
Mezclas en Frío	T°C : Temperatura ambiente

Fuente: Warm Mix Asphalt European Practice, Asphalt Institute.

FOTO N° 1 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL ADITIVO UTILIZADO



tura los laboratorios especializados que efectúan ensayos de asfaltos, expresan usualmente la viscosidad cinemática que se reporta en centistokes (cSt).

El Instituto del Asfalto recomienda una viscosidad del asfalto de 170±20 centipoise para obtener un excelente mezclado de fabricación de mezclas asfálticas en caliente y para la compactación, recomiendan una viscosidad del asfalto de 280±30 centipoise para obtener una excelente densificación. Esta viscosidad es conocida como Viscosidad Dinámica o Absoluta y puede obtenerse de la cinemática multiplicándola por la densidad a esa temperatura determinada.

En esta investigación desarrollada se han efectuado los ensayos con asfaltos de PEN 60-70, y 85-100 que son los cementos asfálticos más utilizados en el asfaltado de carreteras en el Perú, sin embargo en este trabajo se presentan algunos avances logrados hasta el momento.

Se tomaron muestras procesadas de una carretera que está Supervisando CESEL SA en la Selva del Perú, donde se ha utilizado el diseño Marshall aprobado, cuyas características físico mecánicas cumplen con las especificaciones del MTC.

#### Diseños de las mezclas asfálticas sustentables

Para efectuar el diseño de una Mezcla Asfáltica Sustentable era necesario conocer primero los aditivos químicos que generan este cambio en el cemento asfáltico, es decir que reduzcan los valores de la viscosidad, en tal sentido se recurrió al mercado internacional y se determinaron una gama de aditivos químicos entre los más comunes se presentan en el cuadro N° 2.

CUADRO N°2 PRINCIPALES PRODUCTOS UTILIZADOS EN LAS WMA

PRODUCTO	COMPANIA QUE DISTRIBUYE
WAM-Foam y THIOPAVE	SHELL
LOW EMISSION ASPHALT	TEACO
ASPHA-MIN	EUROVIA
ADVERA	PQ Corporation
SASOBIT	SASOL
EVOTHERM	ASPHALT PRODUCTION
Rediset WMX	AKZO NOBEL

Los ensayos de laboratorio para el diseño de las mezclas sustentables, son los mismos que se utilizan para las mezclas convencionales: es decir se utiliza el método Marshall donde se dan parámetros relacionados a la Resistencia (Estabilidad), Deformaciones plásticas (flujos) Porcentaje de Vacíos, Sensibilidad al agua (Estabilidades Retenidas), Densidades (Pesos Unitarios), etc, pero teniendo en cuenta a la hora de fabricar las briquetas Marshall la temperatura de mezcla obtenida de la Carta Viscosidad-Temperatura así como la compactación de las mismas para acercarse lo más posible a las condiciones de obra, destacándose que los resultados deben ser similares a los obtenidos con el asfalto sin aditivo.

Para nuestra investigación el aditivo que se utilizó es una cera (aditivo orgánico), producido por el tratamiento de carbón caliente con vapor de agua en presencia de un catalizador. Son ceras de hidrocarburo alifático de cadena larga con un punto de fusión de baja viscosidad a temperaturas más altas, más de 98° C (208°F) y alta viscosidad a temperaturas más bajas. La foto N° 1 se muestra una de las formas en que el aditivo está disponible en forma



granular como pequeñas bolitas para la adición directa en la mezcla, está considerado como un mejorador del flujo de asfalto durante el proceso de mezclado y en el proceso de extendido, debido a su capacidad de disminuir la viscosidad del asfalto, esta disminución de la viscosidad permite que las temperaturas de trabajo se disminuyan en 20 a 30°C, este producto es completamente soluble en el asfalto a temperaturas de 120°C. El punto de inflamación es de 285°C y su densidad a 25°C es de 0.9g/cm<sup>3</sup>

Para determinar las bondades del aditivo se efectuó el ensayo de Carta Viscosidad-Temperatura con el asfalto virgen y con el asfalto aditivado, en el gráfico N° 1 se puede apreciar la disminución de la viscosidad del betún con aditivo respecto a un PEN 60-70 convencional. Se observa que a partir de 100°C hay un cambio de tendencia en la curva de viscosidad, gracias al cual podemos trabajar la mezcla a temperaturas más bajas.

Para la fabricación de la mezcla asfáltica, del gráfico podemos apreciar que la temperatura de aplicación para el asfalto natural es de 152°C y con el 0.5% aditivo se reduce a 132°C obteniéndose una reducción de 20°C, así mismo con relación a la compactación con el asfalto normal se obtiene una temperatura de aplicación de 144°C y con el asfalto aditivado se reduce a 128°C, lográndose una disminución de 16°C.

En consecuencia podemos afirmar que los resultados obtenidos de la aplicación de las mezclas asfálticas sustentable a nivel de laboratorio son aplicables a los asfaltos que se producen en el Perú, ahora resta aplicar un tramo de prueba con el fin de verificar las características de la mezcla puesta en servicio.

Cabe agregar que a diferencia de los cementos asfálticos producidos en EEUU por ejemplo, en donde a un aumento gradual del aditivo utilizado, la temperatura de mezcla obtenida es menor, en los cementos asfálticos peruanos pasa lo contrario, es decir a un aumento gradual del contenido de aditivo aumenta la temperatura de mezcla, como una

primera premisa se deberá a que nuestros asfaltos tienen un contenido alto de parafina, y como lo que estamos aumentando al asfalto es un aditivo tipo cera esto requiere de menor cantidades para lograr su cometido es decir para llegar a obtener los 170 +/- 20 Centipoise de viscosidad, esto lo podemos corroborar en los gráficos N° 2 y N° 3 que se muestran a continuación.

Posteriormente se efectuaron trabajos de moldeo de briquetas Marshall con el 0.5% y 1.0% de aditivo, para someterlas a los ensayos respectivos con la finalidad de establecer si hubo variación de los parámetros Marshall obteniéndose similares resultados en el cuadro N° 3.

CUADRO N° 3 PARÁMETROS MARSHALL VS CONTENIDO DE ADITIVO

PARAMETRO MARSHALL	ASFALTO NATURAL	ASFALTO 0.5% ADITIVO	ASFALTO 1.0% ADITIVO
Estabilidad (Kg)	1,300	1,470	1,430
Vacios (%)	3.3	4.1	3.9
Flujo (mm)	3.6	3.3	3.3

**Dentro de las ventajas de poder reducir la viscosidad del asfalto está la de obtener mezclas con bajos contenidos de vacíos, mejorar la densificación de las mismas así como reducir la oxidación del asfalto ya que se utilizara menor temperatura de fabricación.**

GRÁFICO N° 1 VISCOSIDAD TEMPERATURA ASFALTO ORIGINAL VS ASFALTO ADITIVADO

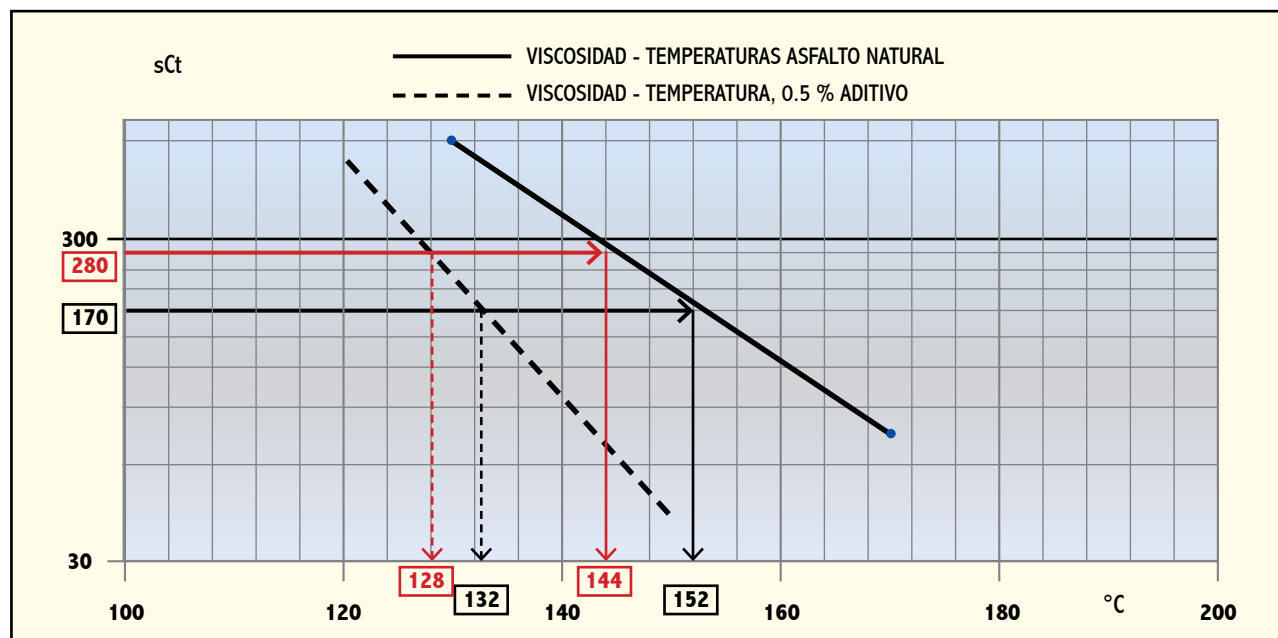


GRÁFICO N° 2 % DE ADITIVO-TEMPERATURA DE MEZCLA

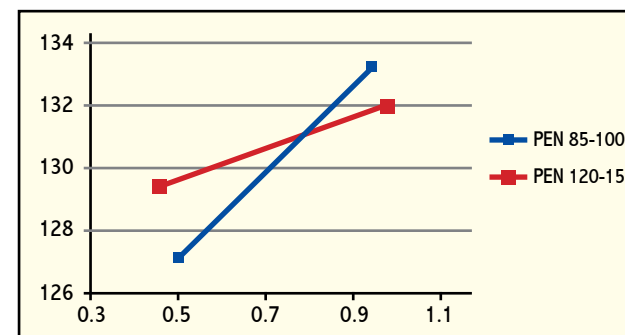
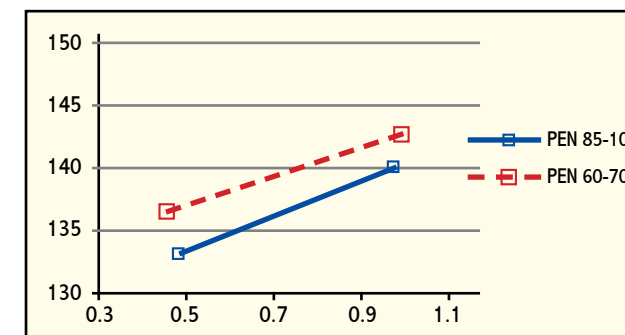


GRÁFICO N° 3 % DE ADITIVO-TEMPERATURA DE MEZCLA



**Conclusiones**

Todas las tecnologías de mezclas sustentables (Warm Mix Asphalt) se basan en obtener la viscosidad del asfalto para elaborar la mezcla (170 Centipoises) y para compactar (280 Centipoise) a la más baja temperatura posible, pero cuidando en no afectar las propiedades reológicas de la mezcla en servicio. Las tecnologías de mezclas sustentables respetan todas las especificaciones del método de diseño de las mezclas asfálticas, únicamente varían la viscosidad del asfalto a las temperaturas entre 100 y 150°C.

Al tener que calentar menos el asfalto para elaborar la mezcla asfáltica ahorramos el consumo de combustible reduciendo las emisiones de diversos gases, siendo el principal el Dióxido de Carbono que es el responsable del calentamiento global.

Al reducir la temperatura de mezcla y por ende al cemento asfáltico, se obtiene un beneficio al reducir su oxidación alargando el periodo de vida en servicio.

Reducción de los humos azules (componentes volátiles orgánicos) generados en la colocación de las mezclas asfálticas en caliente, con los cuales los trabajadores aspiran menos cantidades de los mismos. Facilidad para compactar empleando menos esfuerzos (menor consumo de combustible de la maquinaria) y menor temperatura obteniendo valores de densidades

muy cercanos a la densidad de diseño, lo cual ocasiona que obtengamos mezclas asfálticas de alto desempeño. Adecuado comportamiento para que la mezcla asfáltica sea transportada a grandes distancias de donde es producida.

**Costo/Beneficio**

Adicionar el Aditivo para la fabricación de WMA incrementa el costo aproximadamente de US\$ 3 a 5/ton.

El consumo de combustible se reduce de 1.4 galones de Diesel por tonelada para producir Mezcla Asfáltica convencional a 1.0 galones por tonelada para producir Mezclas Asfálticas Tibias.

Esta variación muestra el interés tanto económico como medioambiental de reducir, hasta donde sea posible, las temperaturas de fabricación, mientras las condiciones de puesta en obra y el comportamiento en servicio de las mezclas bituminosas no se vean afectados.

Sin embargo, el más importante beneficio se da que con la reducción de la temperatura de producción de mezcla asfáltica convencional, con la reducción de 5% de gases que causan el calentamiento global tales como el Dióxido de carbono, Gas Metano y Oxido Nitroso estaríamos cumpliendo como País el Protocolo de Kyoto, tal como se puede ver en el cuadro N° 4.

**Referencias:**

- Warm Mix Asphalt: European Practice US Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Warm Mix Asphalt : Best Practices, National Asphalt Pavement Association.
- Evaluation of Sasobit for use in Warm Mix Asphalt, Graham C Hurlley, Brian D Prowell, National Center for Asphalt Technology
- A Laboratory Study on CO2 Emission from Asphalt and its Reduction with the use of Warm Mix Asphalt, Rajib B Mallick, John Bergendahl , International Journal of Sustainable Engineering.
- Mezclas Bituminosas Fabricadas a Baja Temperatura Experiencia Española, Lucía Miranda Pérez, M<sup>a</sup> Elena Hidalgo Pérez, Eiffage Infraestructuras, XV CILA.
- Desarrollo de Mezclas Asfálticas Tibias en México, Álvaro Gutiérrez Muñiz, Luis Taul Valenzuela Sánchez, XV CILA.

(\*) Ingeniero Civil y MSc especialista en pavimentos.

CUADRO N° 4 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DE FABRICACIÓN

MEZCLA	T°C	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2EQ</sub>	Δ/REF
Referencia	155	0.347	0.00181	0.000706	34.97	0.00%
Alternativa 1	175	0.363	0.00185	0.000749	36.57	4.56%
Alternativa 2	165	0.355	0.00183	0.000727	35.77	2.28%
Alternativa 3	150	0.343	0.00180	0.000695	34.57	-1.14%
Alternativa 4	140	0.335	0.00178	0.000673	33.77	-3.42%
Alternativa 5	130	0.327	0.00176	0.000652	32.98	-5.71%
Alternativa 6	120	0.319	0.00174	0.000630	32.18	-7.99%

Fuente : Mezclas Bituminosas fabricadas a baja temperatura experiencia española, Lucía Miranda, Elena Hidalgo XV CILA



Su tramo colgante más largo tiene una luz (distancia entre las dos torres) de 320 metros.

# El puente más largo del Perú

Es un puente colgante sobre el río Madre de Dios, a las puertas de Puerto Maldonado. Forma parte de la Carretera Interoceánica del Sur, que conecta a Brasil y el Perú. Con sus 722 metros, es el puente más largo del país. Fue inaugurado en julio del 2011.



Las carreteras en el Perú se iniciaron a principios del siglo XX con caminos incipientes en la costa que se proyectaban hacia el Norte y Sur, partiendo de Lima y hacia el Este, hacia la Oroya, Cerro de Pasco y Huánuco, con su ramal Oroya-Huancayo-Ayacucho-Andahuaylas-Cuzco. En el Sur la carretera Nazca-Puquio-Abancay- Cuzco y posteriormente la Olmos-Río Marañón, Arequipa-Puno e Ilo-Puno-Desaguadero. Hasta aquí las carreteras se limitaron a unir longitudinalmente la costa y transversalmente la costa y la sierra.

En 1936, con el descubrimiento del Bquerón del Padre Abad se inició la construcción de la primera carretera en Selva: Tingo María-Pucallpa, con las consiguientes dificultades que su suelo y su pluviosidad conlleva. Culminó en 1950 con la construcción del puente San Alejandro y el pavimento del tramo de 60 km entre Neshuya y Pucallpa. El puente más importante fue sin lugar a dudas el puente Aguaytía, sobre el río del mismo nombre. Con una longitud record de 765 metros y una luz entre torres también record de 170 m. Esta carretera tuvo siempre la pretensión de llegar a la frontera con Brasil a través de un tramo de 120 km que aún no se ha ejecutado.

Pocos años después, en 1940 se inició la segunda carretera en selva, desde Urcos hacia Marcapata-Quince Mil-Inambari-Mazuco-Puerto Maldonado, con menos dificultades geográficas, pero mayor lejanía de las zonas de abastecimiento. Esta carretera terminó hasta Quince Mil en 1950 con la construcción del Puente Fortaleza, un colgante de 1'14 m con su tablero y viga de rigidez en concreto pre esforzado, constituyendo el primer puente en concreto de este tipo en el Perú. Posteriormente, a partir de los años sesenta, se construyó el tramo de 170 km de Puerto

**El puente Presidente Guillermo Billinghurst es el puente de mayor magnitud y de mayor complejidad construido en el Perú y el de mayor importancia al unir la red vial peruana con la brasileña, permitiendo el tránsito interoceánico, alternativo al tránsito por el Canal de Panamá o el Cabo de Hornos.**

Maldonado a Iberia y el tramo de 80 km de Iberia. La carretera se completó en 1994 con el proyecto y construcción del puente Tahuamanu en el km '140+730 del tramo Puerto Maldonado-Iberia, puente de concreto pre esforzado construido por voladizos sucesivos, método que permite la construcción sin falso puente y en consecuencia en cualquier época del año. Con este puente quedó por construir solo el puente en Puerto Maldonado sobre el río Madre de Dios, para unir puerto peruano en el Pacífico con Iñapari en la triple frontera Perú-Brasil y Bolivia y en consecuencia con la red de carreteras en Brasil que llevan a los puertos brasileños sobre el Atlántico.

La Carretera Interoceánica en su tramo en territorio peruano tiene tres orígenes en el Pacífico: San Nicolás en Ica, Matarani en Arequipa e Ilo en Moquegua. Los dos primeros tramos convergen en Cuzco, para dirigirse posteriormente a Urcos-Marcapata-Quince Mil-Inambari- Mazuco y Puerto Maldonado. Los puentes Inambari y Loro-mayo, correspondientes a este tramo, se terminaron en 1962 dándole continuidad al transporte hasta Puerto Maldonado sin transbordos.

El tramo desde Puno hasta Inambari recién se terminó en 1998 con la construc-

El puente está apoyado sobre una base de concreto, sostenida a su vez por doce pilotes de acero (de 50 metros de largo y casi 2 de diámetro) clavados en el lecho del río.



ción del puente Otorongo, permitiendo el empalme con los dos primeros, justamente en la margen derecha del río Inambari, aguas arriba del puente del mismo nombre.

La construcción del puente Presidente Guillermo Billinghurst tiene enorme importancia porque le da continuidad al tramo de la Interoceánica y es el puente de mayor magnitud en el Perú por su luz entre apoyos de 320 metros que cubre parcialmente el espejo de aguas que tiene un ancho de 500 m. Esta luz record sobrepasa a la del puente Punta Arenas, sobre el río Huallaga con 220 metros. El hecho de que su luz principal de 320 metros es menor que el ancho del espejo de aguas, implica que las cimentaciones de las torres se levantan con un tirante de aguas variable entre 5.30 en mínimo estiaje hasta 16.9 en aguas máximas extraordinaria en un periodo de retorno de 500 años. La profundidad de las columnas de cimentaciones es de 55 metros bajo el cauce y una longitud total de 60 metros bajo la plataforma de cimentación.



(\*) Pedro Lainez-Lozada Campos (1922-2012)

- Ingeniero Civil egresado de la Escuela Nacional de Ingeniería, con maestrías en la universidad de Londres y en la universidad nacional de ingeniería. Miembro de la Academia de Ingenieros del Perú.
- Catedrático de Puentes en la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería
- Profesor emérito de la Universidad Nacional de Ingeniería
- Gerente y Presidente del Directorio de la empresa Lainez-Lozada Ingenieros S.A.
- Orden de la Ingeniería otorgada por el Colegio de Ingenieros del Perú
- Diploma de Honor al Mérito otorgado por la Dirección General e Caminos y Ferrocarriles del MTC.



El puente Aguaytía, sobre el río del mismo nombre. Tiene 576.4 metros de largo (340 metros de una orilla a la otra) y una distancia de 200 metros entre sus dos torres



Cada una de dichas torres, de 40 metros de altura, está apoyada sobre una base de concreto.

El diámetro de las columnas de cimentación es de 1.85 m. La magnitud de las medidas indicadas es un record en el Perú e implica la importación de equipos adecuados a estas magnitudes. El trabajo de perforación con lodo bentonítico o similar no nos es ajeno, pero en magnitudes menores y sobre todo operando necesariamente desde una plataforma flotante y no desde tierra.

Este es el principal reto para la ejecución de las cimentaciones. La posición de las torres dentro del espejo de aguas aún en estiaje, también tiene dificultades extras. En nuestra experiencia actual, que es nu-

merosa, las torres articuladas en su base, han estado en seco al momento de su construcción y en consecuencia han sido apuntaladas desde las orillas. En el presente caso deberán hacerse estructuras auxiliares que permitan el apuntalamiento necesario.

El puente Presidente Guillermo Billinghurst es el puente de mayor magnitud y de mayor complejidad construido en el Perú y el de mayor importancia al unir la red vial peruana con la brasileña, permitiendo el tránsito interoceánico, alternativo al tránsito por el Canal de Panamá o el Cabo de Hornos.



La construcción del Ferrocarril Central fue difícil. El territorio agreste demandó mucha imaginación y conocimientos a los ingenieros.

# Los ferrocarriles en el Perú y el mundo



La historia de los ferrocarriles forma parte de la historia del desarrollo mundial. El tendido de las líneas y la puesta en marcha del sistema hizo que surgieran muchos pueblos y ciudades, integró naciones y aceleró la revolución industrial.

**E**lio Galessio es un historiador de afición, pero de una afición muy fuerte, como afirma en su libro "Ferrocarriles del Perú" publicado en el 2007, un compendio importante para comprender la importancia de ese medio de transporte para el Perú y el mundo.

En la siguiente entrevista exclusiva para la revista "Vialidad y Transporte Latinoamericano", aborda diversos tópicos de la historia de los ferrocarriles.

**¿Cómo empiezan a crearse la idea de los ferrocarriles en la historia?**

Esa fue la invención por el señor Watt de la máquina a vapor, que fue la primera máquina de movimiento, que utilizaba precisamente para moverse el poder expansivo al vapor. Empezaron a utilizarse maquinarias de Inglaterra especialmente en el rubro textil.

**¿Había una necesidad en ese momento de crearse algo así?**

Definitivamente todo el movimiento era a caballo, que eran una especie de carrusel que daba vuelta y eso le daba movi-

miento a las máquinas como la tejedora. La máquina a vapor tiene más fuerza, no se cansa y tiene otras ventajas. Inventores como Stevenson, que era inglés, lograron que una máquina caminara sola en base al vapor.

Las primeras máquinas fueron muy pequeñas, las distancias que recorrían eran bastante cortas. En realidad, estaban probando y hubo un rechazo de la gente, que veía al "diablo" hasta en la sopa. Fue peor cuando hubo accidentes, pero con los años el invento fue aceptándose.

**¿De que forman se institucionaliza el ferrocarril como un medio de transporte?**

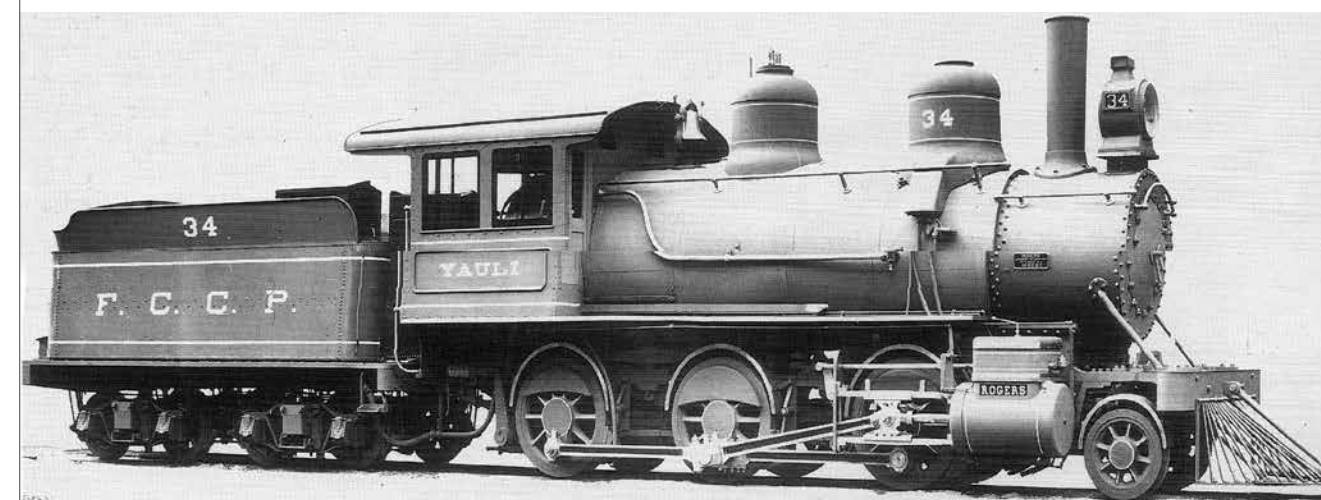
De forma gradual y fue primero en Inglaterra y luego en Estados Unidos, Alemania y otros países con desarrollo industrial. En Inglaterra se usó como transporte de mercadería y pasajeros; pero para los pasajeros tuvieron cierta reticencia, entre Liverpool y otra ciudad. Allí circuló el primer ferrocarril que brindó un servicio con regularidad. Los que operaban carretas, diligencias y todo lo demás se opusieron a la competencia, porque les quitó el negocio.



Antigua estación de "Desamparados" en Lima.



Autocarril de los años '30 usado en el Ferrocarril Central.



Locomotora FCC Rogers número 34 que fue la primera locomotora que llegó a Huancayo para la inauguración del Ferrocarril Central.





Estación de "Matucana" que actualmente no funciona ni se le da mantenimiento.

#### En Latinoamérica, ¿qué países usaron primero los ferrocarriles?

El primer país fue Cuba que adoptó los ferrocarriles para la industria azucarera que en ese país era muy desarrollada y estuvo en manos de los españoles.

#### ¿Cómo llegó el ferrocarril al Perú?

Se hizo una línea entre Lima y Callao en 1851 por el movimiento del puerto principal a la ciudad. En esa época estaban separados y la mercadería que venía del extranjero, la que se exportaba, salía por el puerto del Callao. Entonces hubo necesidad de mejorar el transporte.

Ese ferrocarril costó unos 300 mil soles aproximadamente, pero transportó en los primeros 10 años unos 6 millones de pasajeros, con lo cual fue un negocio redondo.

Apenas tuvo 14 kilómetros. Fue una novedad para la época y empezó a aumentar. Tenía su estación en la Plaza San Martín y pasaba por Quilca, luego por Zorritos, La Colonial y llegaba al Callao a lo que ahora es la Plaza Grau.

#### ¿Cómo nació la idea?

Este ferrocarril nació como una aventura empresarial privada. Lo financiaron dos empresarios privados, uno era chileno y el otro ecuatoriano. Los constructores fueron unos ingenieros, entre ellos uno que se llamaba England, de Inglaterra. Por eso que después según ciertas versiones se llamó el ferrocarril inglés.

**A finales del siglo XIX el Estado comenzó a invertir en proyectos de ferrocarril y convocó la licitación para la construcción del ferrocarril central. Allí surgió el norteamericano Henry Meiggs que ganó la licitación con ciertas recomendaciones y favoritismo. De ese modo, el Estado empezó a ser el gran constructor (...)**

El segundo ferrocarril fue el de Tacna - Arica. El tercero fue el de Lima a Chorrillos. Después, el gobierno de Ramón Castilla autorizó la construcción de la línea Tacna-Arica a los ingleses.

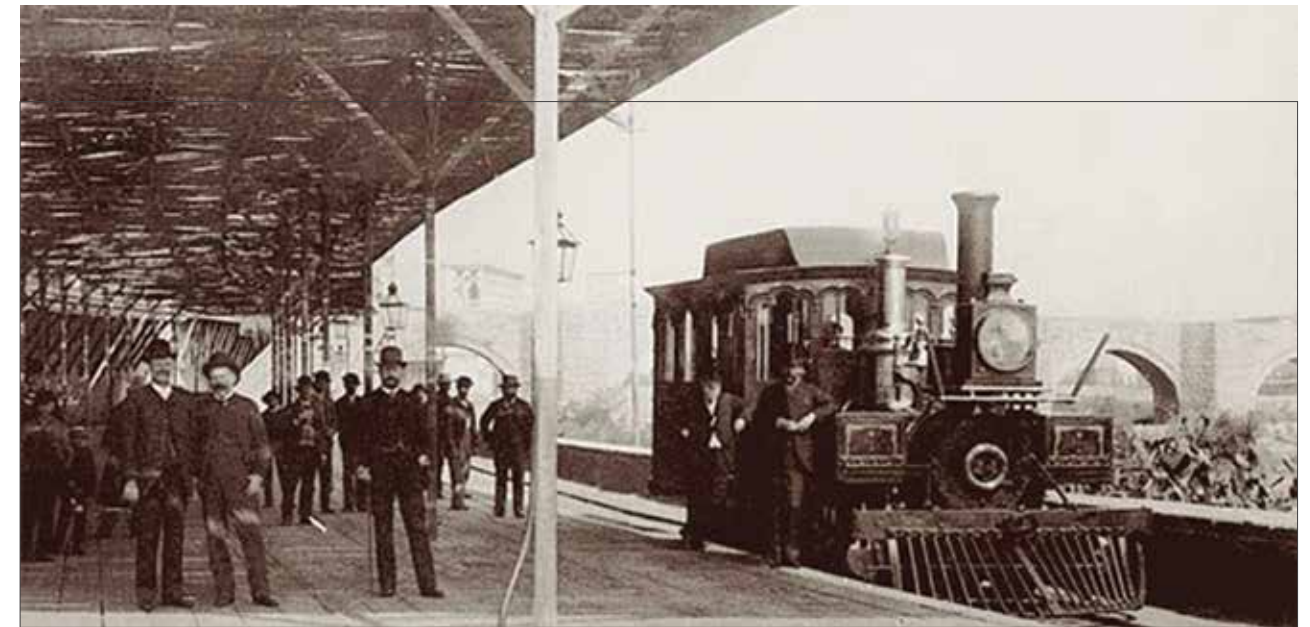
#### ¿Hablamos del Ferrocarril central?

Claro. A finales del siglo XIX el Estado comenzó a invertir en proyectos de ferrocarril y convocó la licitación para la construcción del ferrocarril central. Allí surgió el norteamericano Henry Meiggs que ganó la licitación con ciertas recomendaciones y favoritismo. De ese modo, el Estado empezó a ser el gran constructor, porque ninguna empresa privada quiso asumir la construcción de este ferrocarril.

#### ¿Porque el estado asume cuando ya hubo privados que construyeron?

Ningún privado se atrevió hacer un ferrocarril como el Central. Lo vieron imposible, porque estamos hablando de hace 140 años. Si ahora tenemos dificultades, como sería en esa época.

Para construir el ferrocarril se necesita-



Locomotora "La Favorita" en la Estación de Desamparados y que usaba el presidente Andrés A. Cáceres para ir a Chosica.

**(...) los empresarios ferroviarios y el Estado como empresario ferroviario, eran malos, porque una serie de ferrocarriles que fueron construidos por el Estado, estuvieron mal manejados.**

ron insumos que habría que traerse del extranjero, porque no se producían localmente, como los durmientes que están debajo de los rieles.

#### ¿Fue una decisión política de Balta?

Fue previamente una decisión de Castilla y de Manuel Pardo. Castilla visionó cómo se puede unir el país a través de ferrocarriles. Balta decidió que el estado debe intervenir y convocó la licitación. Se hicieron, en total, 60 proyectos en esa época, pero faltó lo económico.

La construcción del Ferrocarril Central fue difícil porque el territorio es complicado, se angostan las gargantas, el río, las enfermedades de los que trabajaron allí. Se necesitó gente con experiencia y vinieron muchos chilenos. También chinos que trabajaron bien.

#### ¿Hay una idea de cuanta mano de obra se empleó?

Si, hasta unos dos mil al mismo tiempo, de los cuales 500 eran chilenos. Curio-

Av. Benavides 474, local 103 Miraflores, Lima  
Telf. 01 4474157 - Cel. 999134602 / 941828347  
www.dmasdperu.com  
info@dmasdperu.com



samente estos chilenos regresaron en la invasión chilena del 81 y les dieron datos a los soldados y generales chilenos de cómo fue la ciudad de Lima. Fue un trabajo de filtración alquilada.

#### ¿Cuánto cuesta el Ferrocarril Central?

Se presupuestó hasta Jauja 27 millones de soles de la época. Creo que era la misma cantidad del Presupuesto General de la República de un año.

**En una versión, se dice que hubo un inglés que vino muchos años después de la construcción del Ferrocarril Central y dijo que con el dinero que se empleó en ese proyecto se pudo haber construido un ferrocarril hacia la luna.**

Eso lo dijo Basadre en una parte de su obra. Tenemos el problema y nos pregun-



Empresario norteamericano Henry Meiggs, que inició la construcción del Ferrocarril Central.

**En varios casos ha habido desarrollo. Por ejemplo, la línea Lima-Chorrillos que desarrolló Barranco, Chorrillos y Miraflores e hizo que fuera rentable. En el Valle Central y del Mantaro a lo largo de la carretera, hubo una serie de mineras que fructificaron en el transporte y movieron más mercadería.**

tamos: ¿es primero el huevo o la gallina?, ¿es primero el ferrocarril o el mercado? Tenemos un mercado y ponemos un ferrocarril y se nos va a llenar, o hacemos un ferrocarril y esperamos a que se desarrolle la zona y después de un tiempo el ferrocarril empieza a rendir.

Es bien difícil decirlo. Depende de las circunstancias, el tipo de ferrocarril, la época, etc.

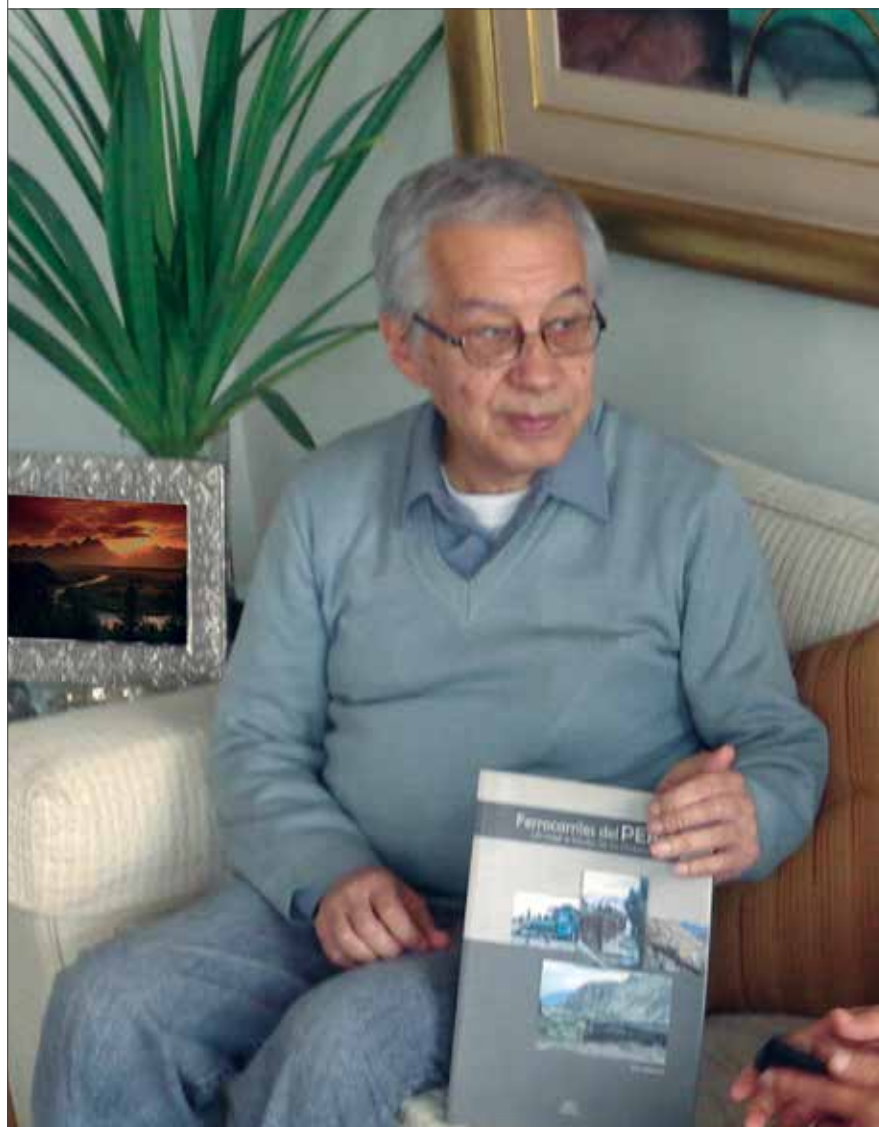
#### ¿Su experiencia qué dice?

En varios casos ha habido desarrollo. Por ejemplo, la línea Lima-Chorrillos que desarrolló Barranco, Chorrillos y Miraflores e hizo que fuera rentable. En el Valle Central y del Mantaro a lo largo de la carretera, hubo una serie de mineras que fructificaron en el transporte y movieron más mercadería.

#### Antes de Ferrocarril Central, ¿Henry Meiggs hizo otro ferrocarril en el Perú?

Si, el único que llegó acabar está entre Ilo y Moquegua. Todos los ferrocarriles a su cargo estuvieron financiados por el Estado. En la época de Meiggs, hubo otros empresarios que hicieron ferrocarriles con la suya y con su riesgo y sin aval del Estado. Por ejemplo, los Montero en nuestro antiguo departamento de Tarapacá, donde se hicieron tres ferrocarriles para explotar el salitre.

En Lambayeque tuvo una serie de ferrocarriles y ninguno fue del estado y tampoco de capitalistas extranjeros. Todos fueron de peruanos que pusieron de la suya para construir.



Elio Galessio, autor del libro "Ferrocarriles del Perú" publicado en el 2007, una obra imperdible.

#### ¿Qué porcentaje hubo de inversión privada?

Depende del momento. En la época de Leguía que fue la época de máxima expansión fueron privados la mayor parte, como la de Pisco-Ica que no fue muy largo. Era un ferrocarril que tenía un combustible extraño y poco común, porque usaba el bagazo del algodón, pero no tenía poder calorífico y se necesitaba un montón.

Luego se tuvo que importar el carbón, porque no hubo la forma de sacar el carbón de la sierra. Trajeron el carbón de Australia y de Chile. A veces carbón de poder calorífico, que era mineral porque de palma o vegetal no sirve. El mineral arde con mucha fuerza y consume menos para producir determinada temperatura del agua.

#### ¿Cuáles son las ventajas del ferrocarril sobre la carretera?

Creo que no existen desventajas abiertas. Las carreteras y ferrocarriles deben complementarse, como en otros países.

**La compañía más grande que hemos tenido es la Peruvian Corporation que apareció en 1890 y desapareció en 1972. Esta empresa empezó a abandonar las líneas y cerrarlas, porque el gobierno construyó al lado las carreteras, y a medida que los camiones fueron más grandes y de mayor capacidad, entonces la gente usaba las carreteras y no los ferrocarriles.**

La política en el Perú fue contradictoria. La compañía más grande que hemos tenido es la Peruvian Corporation que apareció en 1890 y desapareció en 1972. Esta empresa empezó a abandonar las líneas y cerrarlas, porque el gobierno construyó al lado las carreteras, y a medida que los camiones fueron más grandes y de mayor capacidad, entonces la gente usaba las carreteras y no los ferrocarriles.

Por otro lado, los empresarios ferroviarios y el Estado como empresario ferroviario,

eran malos, porque una serie de ferrocarriles que fueron construidos por el Estado, estuvieron mal manejados. Los gerentes no salían a buscar clientes y ofrecer y hacer marketing. Simplemente se sentaban a que lleguen los clientes y a decir este el precio, si quieres o no.

Lo único que hicieron con esas actitudes fue perjudicar con el tiempo más al ferrocarril. Llegó un momento en que ya no era rentable. Alguien tuvo que cubrir el déficit y tuvo que venir papá gobierno a dar la plata, hasta que se cerraron varios.

www.cidelsa.com



## 48 años preparando el camino para el futuro del Perú

Desde sus inicios Cidelsa tiene un compromiso con la construcción del futuro del Perú. Las soluciones y sistemas que brinda permiten el desarrollo de los diversos sectores que atienden en nuestro país. Para proyectos de infraestructura vial, ofrece soluciones y sistemas con productos especializados como:

- Soporte de Cargas.
- Sistema de Drenaje.
- Sistema para Protección y Contención.
- Control de Erosión.
- Sistemas de Ventilación e Impermeabilización de Túneles.



Av. Pedro Miota N° 910  
San Juan de Miraflores, Lima, Perú  
T: +511 617.8787 anx 248, 215, 254  
f /CidelsaOficial info@cidelsa.com



# Historia de las carreteras

El aumento de tamaño y densidad de las poblaciones en las ciudades de las primeras civilizaciones y la necesidad de comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores, es allí donde surgen las carreteras(\*\*).

Valeriano Zorío Blanco (\*)

Los restos que se han encontrado en excavaciones hacen suponer que unos 3.000 años antes de J. C. existían vehículos con ruedas en la región situada entre los mares Negro, Caspio y golfo Pérsico cuyo centro es el lago Van (fig. 1) situado en la parte oriental de Turquía. Es muy posible que los Sumerios inventaran la rueda hacia el año 3.500 antes de J. C. en la región comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates. Hay carros sumerios de dos ruedas fabricado en madera que se han encontrado en las regiones forestales de las montañas del Cáucaso y en Tarso en los montes Tauro. Han aparecido carros de cuatro ruedas al norte de las montañas del Cáucaso en la URSS que datan de 2.400 años a. J. C.

Es lógico que haya sido en la primera civilización urbana, en Mesopotamia, donde apareció la rueda, ante la necesidad del transporte de las cosechas desde el campo a los principales centros de consumo, las ciudades.

El descubrimiento de la rueda iría parejo con la doma de los animales de tiro.

Desde esta región los vehículos de ruedas se introducirían hacia Europa siguiendo el curso del río Danubio, y también hacia el norte de los Balcanes han aparecido vehículo del año 2000 antes de J. C.

## Primeros caminos

Los primeros constructores de caminos aplicaron su técnica probablemente en la misma región del Oriente medio donde apareció la rueda y el animal de tiro. Es

de suponer que sintieran la necesidad de allanar el terreno efectuando pequeños desmontes y rellenando hondonadas.

La carretera más antigua de larga distancia fue la Carretera Real Persa que estuvo en explotación desde aproximadamente el año 3500 al 300 antes de J. C. Esta carretera (fig. 2) empezaba en Susa, cerca del golfo Pérsico torcía hacia el noroeste de Arbela y de allí hacia el oeste a través de Nínive a Harran, un centro importante de enlace de caravanas y carreteras.

La carretera principal continuaba hacia el noroeste a Samosata donde cruzaba el río Éufrates y hacia el oeste llega a Boghas-koei (Hattusas) capital del reino Hitita y más al oeste, pasando por Ankara (Ancyra) llega a Sardis donde se bifurca a Efeso y Esmirna. En Harran empezaba un ramal que conducía a Menfis (El Cairo) pasando por Palmira, Damasco, Tiro y Jerusalén.

Desde Susa a Esmirna la distancia era de 2.957 km y según Herodoto (en el año 475 a de J. C.) se tardaba 93 días en recorrerla. Antiguas carreteras, pero más modernas que la anterior (700-600 a de J. C.), unían palacios y templos en las ciudades de Asur, Babilonia, eran las carreteras procesionales (fig. 3).

Estas carreteras estaban construidas con ladrillo cocido y piedra unidos por mortero bituminoso. Aunque no servían al tráfico normal de caravanas, es posible que sean precursoras de las calzadas romanas.

En China las Carreteras Imperiales coexistieron con la Carretera Real Persa. Jugaron un papel importante en el sureste de

Asia, análogo al de las calzadas romanas en Europa y Asia Menor. Eran amplias, bien construidas y cubiertas con piedra. Los ríos se cruzaban por medio de puentes ó ferrys, los precipicios montañosos eran atravesados por escaleras de huella ancha y pequeño paso (o contrahuella). La longitud de la red era de unos 3.200 kms y los principales centros de irradiación eran las ciudades de Sianfu, Nanking y Cheng-tu.

La conservación no era adecuada, se dice en China una carretera era buena durante siete años y mala durante 4.000. Las carreteras chinas difieren notablemente de las romanas por su trazado tortuoso particularmente en zonas montañosas.

En la India también existen carreteras muy antiguas. Se sabe que en Baluchistan y en Penjab (país de los cinco ríos) en el período entre los 3.250 y 2.750 a. de J. C. las ciudades estaban pavimentadas con ladrillos cocidos unidos con betún, y se dedicaba un cuidado especial a la evacuación del agua. Como técnicas de construcción de firmes en el año 75 a. de J. C., se conocían el pavimento de ladrillo, enlosado de piedra, un tipo de hormigón como capa de base o superficial, y los principios de relleno de hendiduras con yeso, cal ó mortero bituminoso.

En el siglo IV a. de J. C. en el Imperio Maurya al norte de la India se contruyó la Carretera Real (fig. 4) que empezaba al borde del Himalaya (pasaba por Rawalpindi (antes Raxila) y atravesando la Región de los 5 ríos o Penjab llegaba junto al río Jamna a la ciudad de Prayag (moderna Allahabad). →



Calzada romana llamada Vía de la Plata que llegaba hasta España. Ahora está a cargo del Museo Nacional de Arte Romano de Mérida.



En Europa existen unas rutas que se utilizaron entre los años 1900 a 300 a. de J. C. por los comerciantes griegos y etruscos para transportar ámbar y estaño desde el norte de Europa al Mediterráneo. No eran carreteras en el sentido moderno de la palabra sino caminos naturales mejorados en el cruce de ríos y en el paso de montañas. Cuatro son las principales rutas conocidas como Rutas Ámbar. (fig. 5)

La 1ª ruta comenzaba en Hamburgo e iba hacia el suroeste por doble camino a través de Colonia y Frankfurt a Lyon y Marsella.

La 2ª ruta se iniciaba también en Hamburgo e iba hacia el sur a Passau sobre el Danubio y luego a través del paso de Brenner a Venecia.

La 3ª ruta salía de Samland en el este de la costa prusiana donde todavía hay ámbar y desde ahí continuaba a Thorn sobre el Vístulo, y atravesando el paso de Moravia llegaba a Aquileia en el Mar Adriático.

La 4ª ruta salía desde la costa báltica hasta el Mar Negro paralelamente a los cursos de los ríos Vístula, Saw, Sereth, Prut, Bug y Dneiper.

Hay evidencia de que en este mismo período de tiempo se contraían en el norte de Europa caminos formados de troncos para conducir el tráfico por zonas pantanosas o húmedas. (fig. 6).

Se contraían extendiendo dos o tres filas de troncos en el sentido de la marcha sobre un lecho de ramas finas y gruesas en una anchura de 6 m. y cubriéndolas con troncos transversales (2,7 - 3,6 m) extendidos de lado a lado. En las de más calidad había una fijación al suelo con estaquillas cada 5 ó 6 troncos.

El más antiguo de estos caminos se construyó antes del año 1500 a. de J. C. Estas vías eran cubiertas con arena, grava ó césped. Los romanos además usaron zanjas para reducir el contenido de humedad y aumentar la capacidad portante.

Existe una ruta comercial muy importante por su longitud y por el tiempo que estuvo en funcionamiento (durante 1.400 años) llamada la Ruta de la Seda. Por esta ruta realizó Marco Polo sus viajes entre 1270 y 1290. Estuvo cerrada durante periodos de tiempo a consecuencia de guerras y correrías de los mongoles y otros pueblos nómadas.

Su momento de máximo esplendor fue hacia el año 200 a. J. C. Su conexión con la red de calzadas romanas dio lugar a la más larga ruta del mundo durante más de 2.000 años que empezaba en Cádiz (antigua Gades) en el Atlántico, y terminaba en Shanghai en el Pacífico (fig. 7). Su longitud era de 12.800 kms.

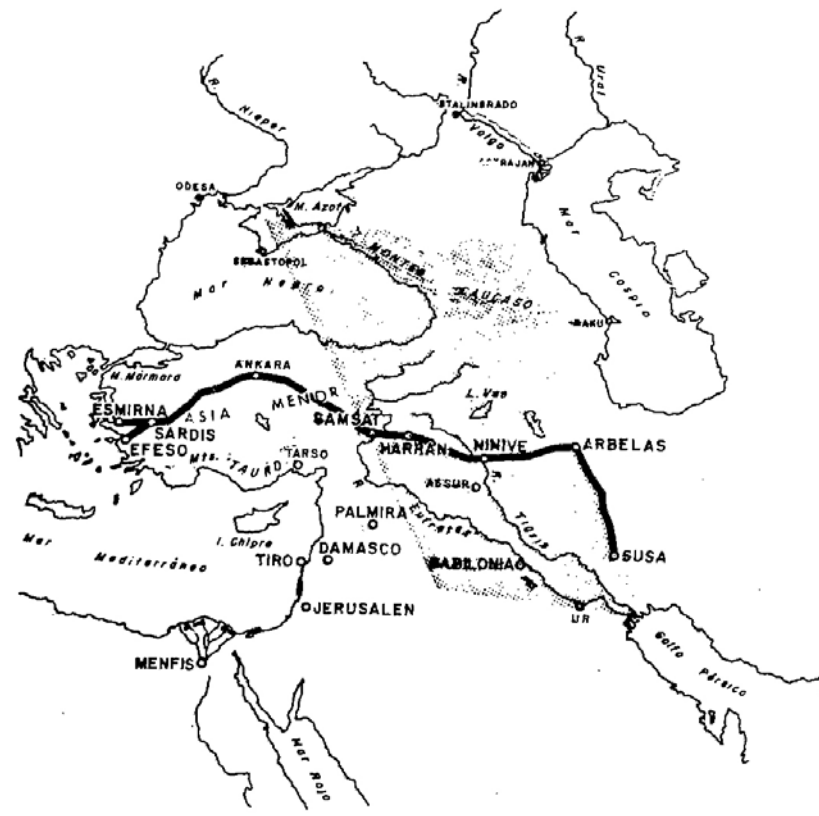


Figura 1. Región donde apareció la rueda.



Figura 2. Carretera real persa.

Desde Cádiz iba hacia noroeste pasando por el norte de Tarraco (actual Tarrasa) atravesaba los Pirineos, rodeaba el litoral Mediterráneo y pasando por Génova llegaba a Roma. Desde Roma por la Vía Apia seguía hacia el sureste a Brindisi (antiguo Brundisium) donde cruzaba el Adriático y atravesaba la península balcánica hasta Bizancio (Estambul) y continuaba al sureste a través de Ankara, o en camino alternativo pasando por Antioquía, hasta Rhagae (cerca de la moderna Teherán). Desde allí por el norte de Irán pasaba por Mesched y después por las ciudades soviéticas de Bojara y Samarcanda hasta Fergana. Desde Fergana atravesaba el valle situado entre los Montes Tian-Chan (o Montes Celestes) y los Montes Huen-Lun, por la ciudad china de Kaxgar donde se bifurcaba bordeando el desierto de Taka-Maklan para volver a reunirse en Ansi y seguir a Suchoy desde donde iba a la puerta más occidental de la Gran Muralla China (Yumen ó Jade) y seguía por la carretera imperial a Siam continuando al este hasta Shang-hai en el Océano Pacífico.

Esta ruta tenía un ramal que partía de Fergana hacia el sur hasta los centros comerciales de Bactria y Cachemira. En la isla de Malta se construyeron entre los años 2000 y 1500 a. de J. C. carreteras de carril único formadas por dos acanaladuras en V cortadas en la arenisca de coral de la isla. Estas carreteras eran recorridas por carros con las ruedas introducidas dentro de las muescas y arrastrados por hombres. En Grecia existen carreteras sagradas con fines procesionales religiosos que datan de 800 a. de J. C. Algunas son análogas (fig. 8) a las construidas mucho tiempo antes en la isla de Malta. También quedan restos de carreteras en la isla de Creta de la civilización minoica (año 3000 a 1100 a. de J. C.) La carretera más importante es la que iba a Gortyna en la zona montañosa al sur de la isla hasta Knossos situado en la costa norte. El firme era de 3,6 m de ancho y la parte central estaba formada por dos filas de placas de basalto de un espesor de 5 cms (fig. 10). El centro de la carretera parece que se usaba para el tráfico a pie y los

bordes para el tráfico de animales y carros piedras unidas con arcilla y limo. Se tuvo en cuenta el desagüe construyendo un perfil transversal inclinado y cuneta laterales de desagües. Los Incas desconocían el uso de la rueda y construyeron dos caminos que iban desde Quito (Ecuador) al sur de Cuzco (Perú). Estos caminos (fig. 10) eran utilizados exclusivamente por peatones y animales de carga (llamas). Uno de ellos seguía la costa (3.600 km) y el otro (2.640 km) iba por la cordillera de los Andes. Entre ambas existían caminos transversales de enlace. El camino de los Andes es notable, pues tiene 7,5 m de anchura y atraviesa las más altas montañas con pendientes muy suaves mediante trazado en zig-zag. Incluye cortes de galerías en roca sólida con muros de contención construidos en centenares de metros para sostenerle. Podemos decir que es una verdadera carretera. Los hondonadas y hendiduras se cubrían con sólida mampostería y los anchos valles entre montañas se cruzaban mediante puentes colgantes sustentados por cuerdas de lana y fibra. La superficie de la calzada era de piedra en la mayor parte del trazado y se usó el asfalto. En rampas escarpadas se construían escalones tallados en la roca. La semejanza con las carreteras chinas hizo pensar en la posibilidad de una influencia cultural directa. Atalayas construidas a lo largo de la carretera servían para un servicio de señalización visual a distancia (telégrafo óptico). También tenían los incas un sistema de correo rápido a pie.

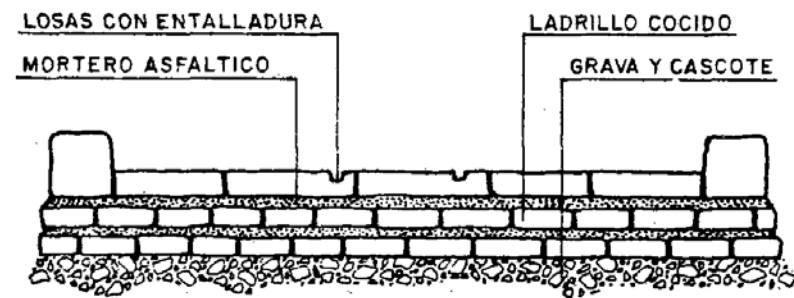


Figura 3. Carretera procesional en tiempo de Ishtar.

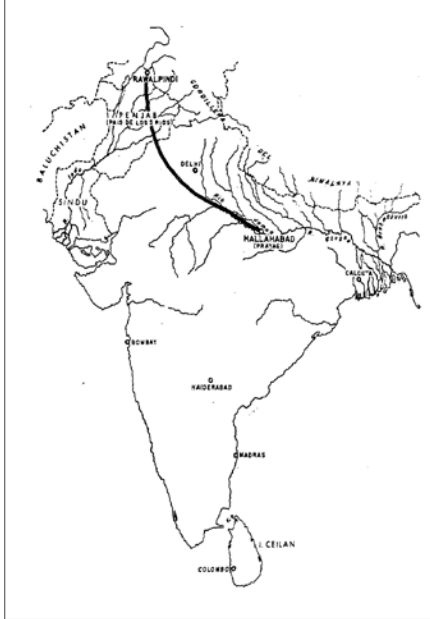


Figura 4. Carretera real (siglo IV a. de C.)

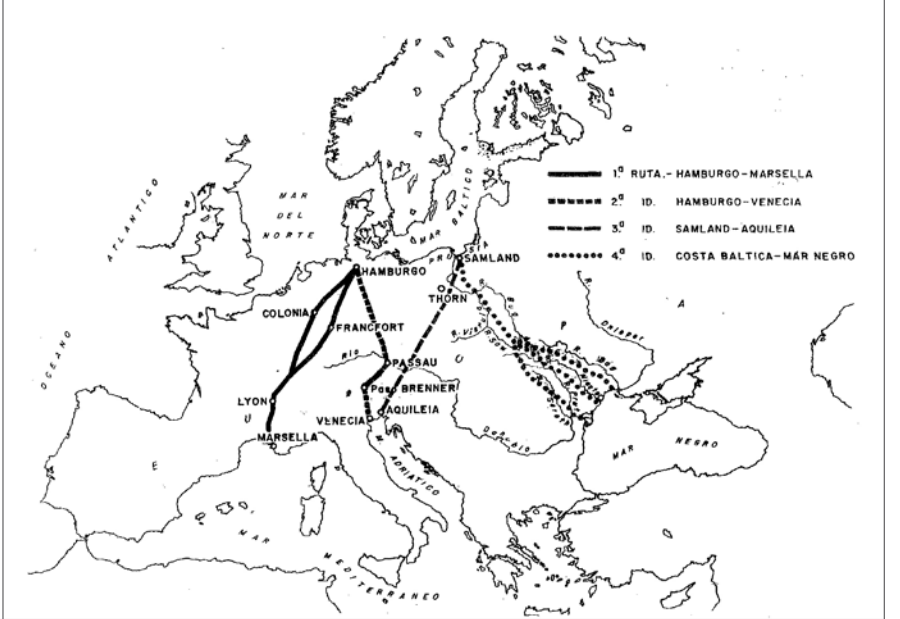
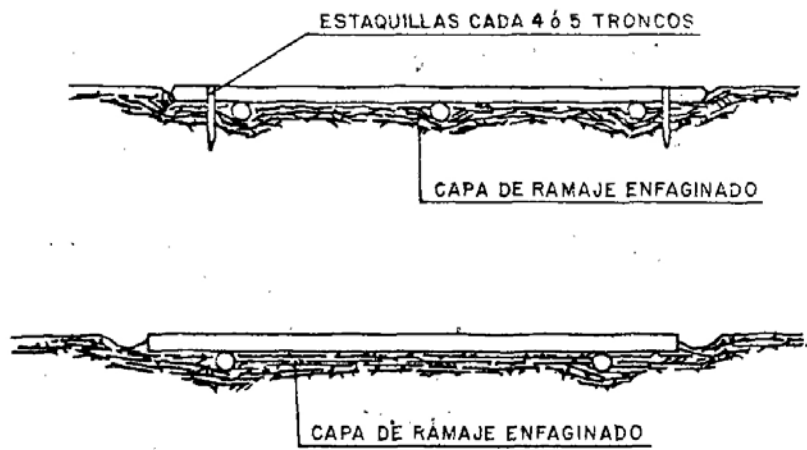


Figura 5. Rutas del Ámbar.





puentes romanos que todavía podemos contemplar. Conocían la técnica de pilotes de madera para atravesar terrenos pantanosos.

La técnica romana fue muy depurada; así por ejemplo, la Vía Apia se construyó excavando zanjas paralelas para marcar su localización exacta e indicar la naturaleza del subsuelo.

La sección de la Vía Apia puede ser considerada el tipo de calzada de máxima calidad, y pasamos a describirla. Consta de las siguientes partes. (figura 12).

1. Sobre el terreno natural una capa de piedras planas que llamaban "Statumen" (de 25 a 60 cm de espesor), sobre la cual se extendía una capa de detritus de cantera mezclada con cal que llamaban "rudus" (de 22,5 cm de espesor).

El statumen y el rudus formaban lo que podemos llamar hoy la subbase.

La palabra latina "rudus" significa "ruinas", "despojos".

2. Una capa de piedra partida aglomerada por cal grasa (es decir cal con pequeña cantidad de óxido de magnesio, = 5 por 100).

Esta capa se llama "nucleus" y hacia el efecto de lo que hoy se denomina base. Su espesor era de 30 cms.

3. Un enlosado con mortero de cal que denominaban summun, dorsum, o summa crusta de 15 cms. de espesor que es lo que actualmente se denomina pavimento (que incluye la capa de rodadura). La palabra "dorsum" significa "cresta", "parte superior". Los enlosados eran ó bien cantos planos acoplados con martillo ó bien piedra labrada.

Es advertir que el terreno natural se cubría con un ligero lecho de arena o mortero, algo así como lo que hoy llamamos "ex-

parece ser que los principales maestros de Roma en la Técnica de construcción de carreteras fueron los Etruscos establecidos en el norte de Italia, aunque probablemente también contribuyeron cretenses, cartiginenses, fenicios y egipcios.

El Impero Romano necesitó construir una amplia red de calzada para comunicar las provincias entre sí y con la capital que estaba unida con el vasto imperio por unos 85.000 kms de carreteras. Desde Roma salían veintinueve grandes vías militares, la más famosa de las cuales era la Vía Apia, puesta en marcha el año 312 a. de J. C. Esta vía tenía 660 km y pasaba por Capua, Benevento Brinisi donde cruzaba el Adriático a Hydruntum.

Las calzadas romanas fueron notables por su trazado rectilíneo, de punto a punto, sin reparar en obstáculos (pantanos, lagos, barrancos, montañas). Su atrevida concepción sigue provocando admiración en la ingeniería moderna. El trazado tenía un número de curvas mínimo lo que precisaba importantes obras de fábrica ejemplo de las cuales son los magníficos

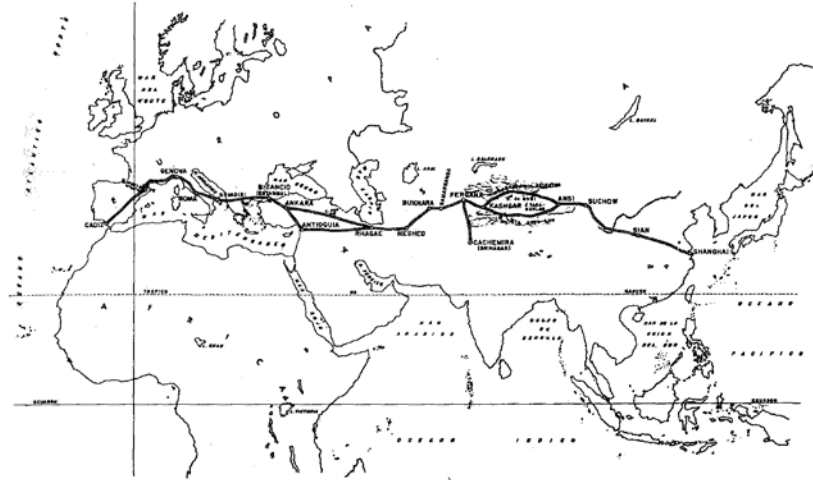


Figura 7. Ruta de la sea, aproximadamente en el año 200 d. de C.

### Carreteras Romanas

Los romanos fueron los primeros que construyeron científicamente carreteras, llamadas comúnmente calzadas (de cal, calcis piedra caliza) por la utilización de caliza en su construcción. Su técnica fue muy elaborada y su modelo de calzada adoptado hacia el año 300 a. de J. C. fue el tipo estándar para los siguientes 2.000 años. Hay diferencias de opinión respecto al origen de los métodos de construcción pero



### Pionero escocés

Thomas Telford (1757-1834) nació en Escocia, en Dumfriesshire de familia pobre y al principio trabajó como cantero. Construyó numerosos puentes colgantes, acueductos, canales, trabajos portuarios, casas, túneles y carreteras. En Wales están sus dos más famosos puentes colgantes Conway y Menay Stritis. Este último (construido entre 1819-1825) es de 177 m. y en 1939 fueron sustituidas en él las cadenas por cables. Telford intentó competir por medio de sus canales con el transporte ferroviario. Extendió sus actividades fuera de Gran Bretaña; así por ejemplo en Suecia construyó el canal de Gota. Fue el por el presidente del Instituto de Ingenieros Civiles fundado en 1828. Construyó más de 1.500 kms de carreteras (con muchos puentes). En sus firmes mantuvo un cimiento rígido formado por grandes piedras (fig. 14).

planada mejorada". El espesor total de la calzada variaba entre 0,9 y 1,5 m. formando un conjunto resistente.

En las calzadas de segunda categoría podía faltar el enlosado y constaban solo de las dos primeras capas. Había también calzadas de tercera categoría formadas por tierra simplemente.

Incluyendo todos los tipos de calzadas se llegaba a los 140.000 kms. Lo que requería mucha mano de obra no solo para su construcción sino también para su conservación.

Los operarios eran reclutados entre gente de las provincias así como entre presos y condenados a muerte. Además se utilizaban los soldados en tiempos de paz. Se dice que durante la paz de Augusto este emperador empleó 25 legiones de 175.000 hombres para la construcción y mantenimiento de carreteras.

Los servicios auxiliares para una adecuada explotación de los caminos estaban muy cuidados. Las columnas señalaban las distancias, y las que estaban situadas en los cruces entre caminos también las direcciones de los diferentes pueblos. Había albergues y lugares para relevo de caballerías y conductores de vehículos.

Los usuarios del camino eran peatones, caballos, literas y vehículos de tracción animal, que alcanzaban velocidades máximas de 8 km/h. El transporte público en el Imperio Romano era de dos clases: 1) cursus rapidi o servicio exprés; 2) agnari o servicio de carga.

### Las carreteras antes del siglo XIX

En el esplendor del Impero Romano el comercio constituyó un vínculo de unión entre las culturas europeas, norteafricana, china e india.

Los imperios Romano, Chino y Maurya (al norte de la India) cuidaban sus redes de carreteras. Estos imperios declinan y las rutas comerciales se convierten en rutas de invasión las redes viarias caen durante siglos en un completo abandono.

Los carros dejan de ser el medio de transporte por el pésimo estado de conservación de sus carreteras, cediendo paso a las recuas de animales de carga que son suficientes para el reducido comercio de la época.

En Europa a la caída del Imperio Romano las gentes viven aisladas en sus feudos y se viaja solo para guerrear o peregrinar y siempre a pie o a caballo.

Fuera del Imperio Romano, por ejemplo en Alemania los caminos de tierra eran normales aunque con frecuencia se refor-

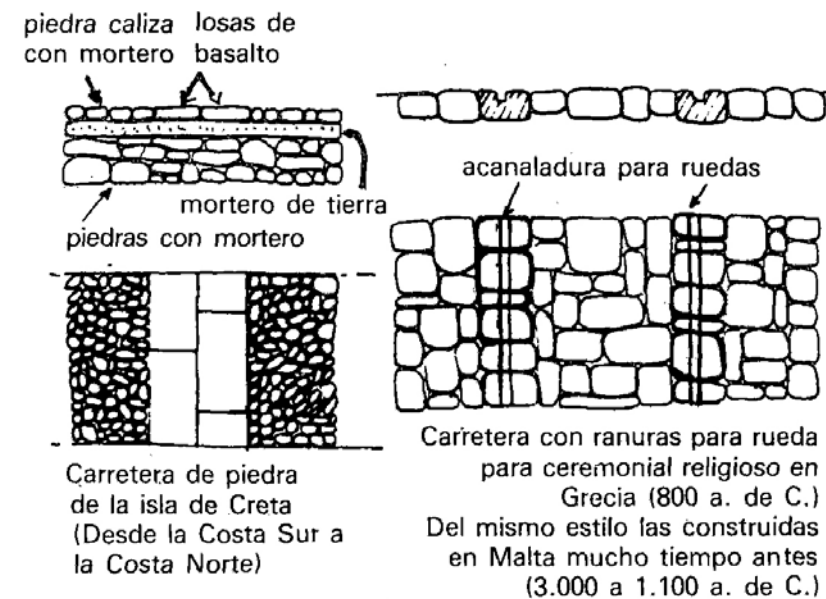


Figura 8.

zaban confoscinas y maderas ó con grava. En la Edad Media no solo se abandonaron las calzadas romanas sino que muchas se destruyeron utilizándose como canteras. En el siglo XII se despierta un interés por los viajes terrestres. En el siglo XIII, el comercio por tierra a larga distancia experimenta un gran crecimiento. Es la época en que se restaura la ruta comercial entre Europa y China a través de Asia Central, ruta que utilizó Marco Polo en sus viajes. En el siglo XIV, el incremento del comercio impulsó a las gentes a moverse a las ciudades cercanas, pero en cierta medida se vio contrarrestada esta tendencia a los desplazamientos por los estragos que causó la Peste Negra.

En Europa fueron los monasterios y los señores feudales quienes conservaban algunos puentes y tramos de calzada cobrando a veces derechos de paso. Sin embargo, al no existir un plan de conservación de caminos adecuado, las calzadas llegaron a ser intransitables, circunstancia agravada por la carencia de suspensión de los carros que apoyaban directamente su caja sobre el eje de las ruedas, debiendo soportar el viajero todos los golpes que la irregular superficie de rodadura provocada.

Durante los siglos XV y XVI la pavimentación de calles se hace popular. Aunque los franceses fueron la primera nación de los tiempos modernos que hicieron un estudio sistemático de la construcción de caminos, el documento técnico más antiguo que se conoce sobre las construcción viaria es una ordenanza policial de Julich-Berg que data de 1554 y regula la reparación de caminos con piedras, madera y haces hallados en la proximidad.

El historiador francés Nicolás Bergier (1567-1623) natural de Reims, que dejó una historia inacabada sobre su ciudad natal, publicó en 1622 un "Historie des grands chemins de l'Empire romain". Esta historia está dedicada al rey y en ella expresa el autor la esperanza de que las obras viales proporcionen trabajo a los pobres y sean de utilidad al reino tanto en tiempo de guerra como en la paz. El libro causó sensación pero sus propuestas no se llevaron a cabo hasta que Colbert ministro de Luis XIV, promovió la construcción de caminos. En el siglo XIV en la aldea húngara de Kocs situada entre Raabe y Buda los fabricantes de carros idean un vehículo de pasajeros conocido como Kocsi en honor a la ciudad de origen; esta palabra daría lugar al español coche, inglés coach y alemán kutsche.

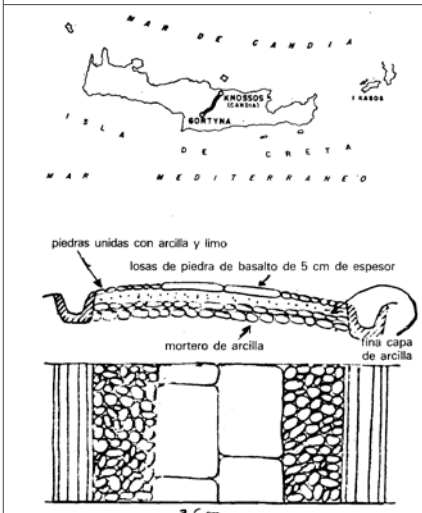


Figura 10.



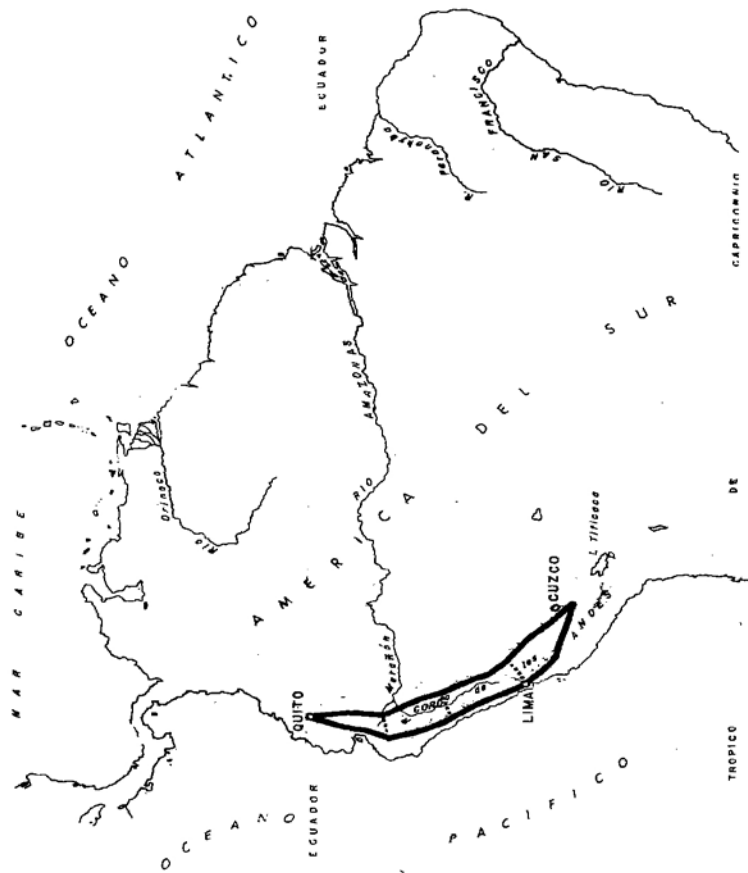


Figura 11. Carretera del Imperio Inca, ubicado en los territorios de Perú y Ecuador.

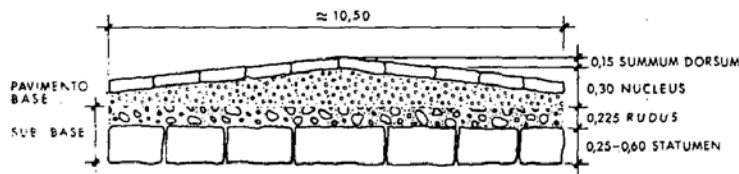


Figura 12.

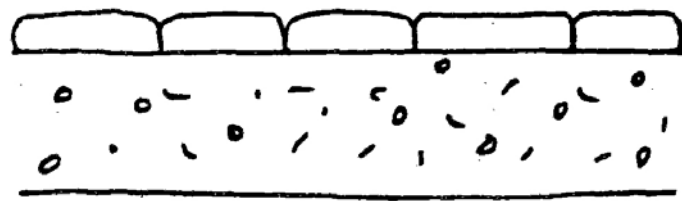


Figura 13.

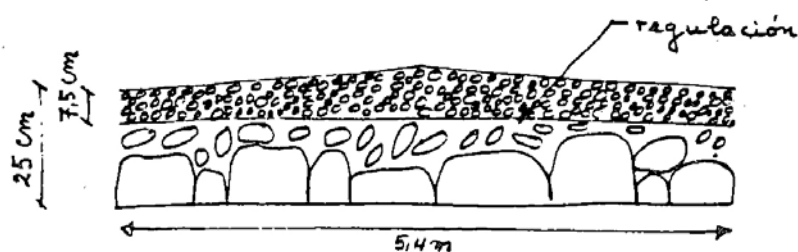


Figura 14.

Los kocsi eran carros con cajas sujetas a bastidores por medio de correas lo que suponía un avance en el sistema de suspensión. Estos vehículos comienzan a extenderse lentamente por Francia, Alemania e Inglaterra durante los siglos XV y XVI. En el año 1670 se introducen en los coches los muelles de acero como elemento de suspensión; es el comienzo de la época de las diligencias.

Sin embargo los caminos se encuentran en peores condiciones que 16 siglos antes. Se hace necesaria pues la mejora de calidad de los caminos que es muy inferior a la que había experimentado los vehículos.

En Francia en el siglo XVIII hay un acontecimiento y tres nombres ligados a la técnica de construcción de caminos.

El acontecimiento es la creación de la Escuela de Pontset Chaussees, la primera escuela de ingeniería del mundo, y con estos se incluyen los gastos de conservación de carreteras en el presupuesto del Estado. Los tres nombres son Hubert Gautier, Jean-Rodolphe Perronet y Pierre-Marie-Jerome Trésaguet, de los que vamos a dar una breve reseña bibliográfica.

Hubert Gautier (nacido en Nimes en 1660 y muerto en París en 1737) comenzó la carrera de medicina que luego abandonó para dedicarse a las matemáticas y posteriormente a la ingeniería. Escribió un *Traité del Ponts* que fue libro modelo durante más de 70 años, y *Traité de la Construcción des Chemins* (1715) que es considerado el primer tratado moderno de construcción de caminos. Durante veintiocho años fue ingeniero de la provincia de Languedoc, y en 1716 fue nombrado inspector de Puentes y Caminos. En su tratado aconseja la estabilización de suelos arcillosos mezclándolos con grava, y cosa curiosa, desaconseja compactar el terraplen. La sección tipo será según Gautier, la misma sección de calzada romana en la que han desaparecido el Statumen y el nucleus quedando solo la capa de detritus de cantera (rudus) sobre la cual se extiende el enlosado (summun dorsum) (fig. 13). Se recomienda la compactación todavía a mano. En Inglaterra en 1619 Shetbolte había patentado un rodillo de apisonado. Jean-Rodolphe Perronet (nacido en Surresnes en 1708 y muerto en París en 1794) fue nombrado director de la Escuela de Ponts et Chaussees al fundarse en 1747. Fue un gran constructor de puentes de arco en piedra de los que son ejemplos el puente de Neuilly considerado el más gracioso puente de piedra de los construidos hasta hoy, y el puente de la Concordia

en París, originalmente llamado Puente de Luis XV, que comenzó a construir a la edad de 80 años en 1787 dirigiendo su construcción hasta completarlo en 1791 a pesar de coincidir con la época de la Revolución Francesa. Publicó sus memorias en 1782. El estudio del firme en si, fue para él algo añadido a su ocupación principal al construcción de puentes.

Pierre-Marie-Jerome Trésaguet (1710-1796) fue ingeniero de una familia de ingenieros, funcionario del Cuerpo de Ponts et Chaussees, trabajó en Limoges y París, y en 1775 fue nombrado Inspector general de Ponts et Chaussees. Preparó una memoria este mismo año en la que codifica la construcción de carreteras reduciendo espesores construyéndola por capas sucesivas de piedra partida con superficie dura. Recomienda las siguientes capas (fig. 14).

- Una base de piedras gruesas hincadas a mano.
- Una capa de regulación con fragmentos de piedra.
- Una capa de rodadura de un espesor de tres pulgadas formada por piedras del tamaño de una nuez dura y machacadas.

Su proyecto básico se usó en una carretera de París a España vía Toulouse. Su modelo de firme se generalizó por Europa Central y Suecia. El ingeniero escocés Telford del que hablaremos más tarde adoptó también sus ideas.

Vamos a citar también a Daniel Trudaine (1703-1769) que aunque no fue técnico, fue un funcionario que reorganizó los servicios y fomentó la construcción de carreteras en Francia por espacio de 30 años.

En Inglaterra Jhon Metcalf (nacido en 1717) contemporáneo de Trésaguet fue el pionero en la construcción de carreteras. Quedó ciego a la edad de 6 años por la viruela pero llegó a ser un experto jinete nadador y escalador. Construyó más de 290 kms. de carreteras y puentes en Inglaterra. Sentó las bases de que firmes con buenos desagües eran condición "sine qua non" para tener una carretera durable. En zonas pantanosas usó haces de ramas para distribuir la carga. Hacia 1754 inició una ruta de diligencia entre Knaresborough y Rork, y construyó un trozo de la carretera de peaje entre Harrowgate y Boroughbridge en 1765. Desde esta fecha empezó a trabajar en la construcción de carreteras.

### Los firmes de las carreteras en el siglo XIX

A caballo, entre los siglos XVIII y XIX aparecen dos técnicas de carreteras en Gran Bretaña que son los creadores de la moderna técnica de construcción de firmes, son distintas coinciden en que el firme es algo continuo formado por áridos de distintos tamaños con capacidad de adaptación elástica. Se sustituyen los enlosados o adoquinados pavimentos clásicos desde las calzadas romanas que incluso Gautier había mantenido en su tratado de 1715. Únicamente Trésaguet (en 1775) había suprimido el enlosado superior.

(\*) *Doctor ingeniero en Caminos, Canales y Puertos. Doctor en Ciencias Matemáticas y doctor en Derecho. Murió el 8 de octubre de 2006.*

(\*\*) *El presente artículo fue sacado de la Revista de Obras Públicas de España, publicado del 27 de enero de 1987, págs. 27 al 38.*



### Hombre desprendido

Jhon Loudon McAdam (1756-1836), también escocés fue en 1770 a Nueva York a la oficina de un tío comerciante y volvió a Escocia en 1783 con una considerable fortuna, comprando una finca en Suhrie Ayrshire. Trabajo en la construcción de carreteras en su distrito y al comprobar el lamentable estado en que se encontraban realizó experimentos a sus propias expensas. En 1798 se trasladó a Falmouth, Cornwall, donde prosiguió experimentando por designación del gobierno. Recomendó que las carretas se elevasen sobre el terreno adyacente para facilitar la evacuación del agua. Aconsejó construir (fig. 15) los firmes colocando una capa de grandes rocas sobre las cuales se extendían piedras de menos tamaño y finalmente se unía la masa total con gravilla fina o escoria.

En 1815 fue nombrado inspector general de las carreteras del ayuntamiento de Bristol, entonces segunda ciudad en Inglaterra donde puso sus teorías en Práctica. Para documentar su trabajo escribió "Remarcks on the Present System ok Road-making" (1816) y "Practical Essay on the Scientific Repair and Preservation of Roads" (1819).

Como resultado de un informe en el Parlamento, sus puntos de vista fueron adoptados por el Gobierno y en 1827 es nombrado Inspector General de Carreteras de Gran Bretaña. El uso de "macadam" facilita viajes y rápidamente se adopta en otros países, muy especialmente en Estados Unidos. Para todo tipo de carga de aquel tiempo se consideró adecuado un espesor de firme de 25 cm. la capa superficial estaba formada por piedras sueltas de un tamaño máximo de 5 cm. compactada aceptablemente por la acción.

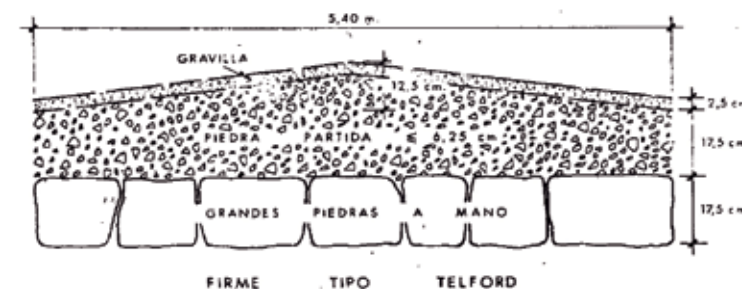


Figura 14.

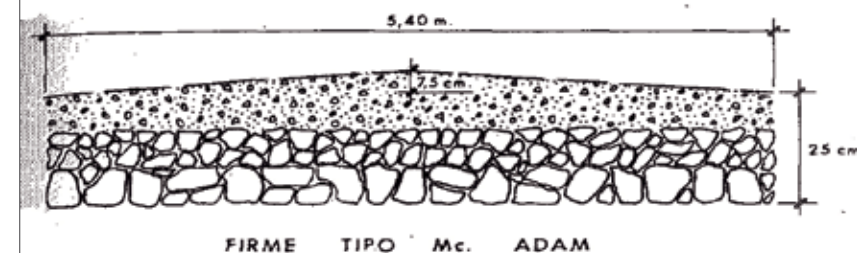


Figura 15.



# AMENIDADES

## Medios de transporte

f	a	l	e	l	e	v	a	d	o	r	o	n
n	t	m	s	a	n	t	t	e	v	b	e	p
c	e	o	a	h	o	i	e	r	a	r	h	a
a	n	n	t	c	i	g	l	r	t	e	v	r
m	o	o	e	n	v	h	c	l	l	r	b	a
i	i	r	m	a	a	o	i	i	t	o	i	m
o	v	r	o	l	c	v	c	c	r	d	c	o
n	a	a	c	h	o	o	o	o	a	a	i	t
e	g	i	e	m	p	r	t	h	n	e	c	o
t	s	l	o	t	t	i	o	e	v	n	l	r
a	e	t	e	e	o	u	m	t	i	a	e	s
y	u	r	m	b	u	q	u	e	a	l	t	u
a	o	n	i	r	a	m	b	u	s	p	a	b

- |           |           |             |             |
|-----------|-----------|-------------|-------------|
| Avión     | Buque     | Elevador    | Motocicleta |
| Automóvil | Camión    | Helicóptero | Planeador   |
| Avioneta  | Camioneta | Lancha      | Paramotor   |
| Barco     | Coche     | Metro       | Submarino   |
| Bicicleta | Cohete    | Motor       | Tren        |
| Bus       | Cometa    | Monorrail   | Tranvía     |

4		8			6		9	7
	9		7		1			
	3		2	9		8		1
		3					4	2
9		1				5		8
8	2					7		
2		9		4	5		7	
			6		8		2	
1	6		3			4		

S  
U  
D  
O  
K  
U

		9	2			4	7	
1	5				6		2	8
					1	2		4
					5	8	6	
8	4				3			5
			3	2	9			
6	1			8	4			
2		5		7			6	1
		7	6				8	9

# XXIII CILA

## CONGRESO Ibero Latinoamericano del Asfalto 2015

16 · 20 · NOVIEMBRE · HOTEL LLAO LLAO  
BARILOCHE · PATAGONIA · ARGENTINA

### Temas:

- ▶ Materiales asfálticos
- ▶ Agregados
- ▶ Diseño y proyecto de pavimentos
- ▶ Construcción de pavimentos flexibles
- ▶ Conservación de pavimentos flexibles
- ▶ Técnicas de pavimentación teniendo en cuenta la economía de energía y el impacto ambiental
- ▶ Gerenciamiento de pavimentos
- ▶ Misceláneos sobre materiales o aplicaciones bituminosas
- ▶ Formación de recursos humanos

**¡Inscríbese YA!**  
Cupos limitados  
[www.cila2015.com.ar](http://www.cila2015.com.ar)

### CONVOCAN:



#### Comisión Permanente del Asfalto

Balcarce 226 6º Piso Of. 16  
CABA / Buenos Aires / Argentina  
Telf. / Fax: (+5411) 4331-4921  
asfalto@cpasfalto.org  
www.cpasfalto.org



**CILA**  
Congresos  
Iberoamericanos  
del Asfalto

### ORGANIZACIÓN GENERAL:



#### Informes y reservas:

Tel/Fax: (54-11) 4706-0770  
Av. Cabildo 2327 - Piso 3  
Buenos Aires / Argentina  
info@cila2015.com.ar



