

**DISEÑO DE UN DISPOSITIVO
EXTRUSOR-COMPACTADOR
PARA EL ESTUDIO DE
LA REOLOGÍA DEL EXTENDIDO
DE MEZCLAS ASFÁLTICAS**

SANTIAGO GIL REDONDO
DITECPESA

FRANCISCO JOSÉ MARTÍNEZ BOZA
FRANCISCO JAVIER NAVARRO DOMÍNGUEZ
PEDRO PARTAL LÓPEZ
CRÍSPULO GALLEGOS MONTES
UNIVERSIDAD DE HUELVA

DISEÑO DE UN DISPOSITIVO EXTRUSOR-COMPACTADOR PARA EL ESTUDIO DE LA REOLOGÍA DEL EXTENDIDO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

RESUMEN

En el proceso de pavimentación con mezclas asfálticas, las fases de extendido y compactación son sumamente importantes, ya que las propiedades del pavimento dependen en gran medida de la eficacia de éstas. Durante la fase de extendido se produce una cierta compactación inicial de la mezcla por extrusión. Posteriormente, la fase de compactación tiene por objeto conseguir estabilidad, cohesión y resistencia estructural del pavimento, forzando a los áridos al contacto mediante la aplicación de cargas mecánicas (presión, impacto, vibración y manipulación). Este contacto se mantiene en el tiempo mediante la acción adhesiva del ligante.

La compactabilidad de la mezcla asfáltica depende de las propiedades del árido y del ligante. La fricción entre partículas de árido ocasiona un aumento de la resistencia de la mezcla a la compactación, pero al mismo tiempo proporciona estabilidad a la mezcla compactada.

Para unas propiedades de los áridos dadas, el ligante caliente actúa como lubricante, atenuando la fricción entre ellos. Las propiedades mecánicas del ligante, por ejemplo la viscosidad, afectan a la extensión y compactación. Así, si la viscosidad es alta dificulta el movimiento de las partículas bajo la acción de compactación, pero si es muy baja, aunque se facilita el movimiento, la cohesión puede no ser suficiente para mantener unidas las partículas en la mezcla compactada.

Últimamente se están desarrollando tecnologías que permiten una buena extensión y compactación reduciendo la temperatura a la que, tradicionalmente, se vienen aplicando las mezclas en caliente. Estas tecnologías, que utilizan aditivos reductores de la viscosidad o reductores de la fricción de las mezclas asfálticas en condiciones de compactación, tienen como objetivo realizar la operación a menor temperatura sin alterar la cohesión y resistencia mecánica en condiciones de servicio.

En este escenario se hace necesario un estudio de la reología de las mezclas asfálticas que permita establecer la relación existente entre las variables de extensión y compactación (áridos, ligante, cargas mecánicas, temperatura, etc.) y la cohesión final de la mezcla, con objeto de evaluar las prácticas más aconsejables para un proceso de aplicación de mezclas asfálticas eficiente.

Por tanto, este trabajo tiene como objetivo general el diseño y la puesta a punto de un dispositivo extrusor-compactador de mezclas asfálticas a escala de laboratorio, para el estudio de la extrusión y compactación de las mismas.

ANTECEDENTES

El presente trabajo pertenece a una de las líneas de investigación llevadas a cabo en el Proyecto Fénix: la Actividad 7 (Mezclas Semicalientes). En esta ac-

tividad participan las empresas: Ditecpesa, Pavasal, Elsan, Serviá Cantó, CIESM y Repsol; y las universidades: Universidad de Alcalá, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad de Cantabria y Universidad de Huelva.

INTRUDUCCIÓN

Existen numerosas técnicas para evaluar la reología de las mezclas asfálticas durante los diferentes procesos de fabricación de las mezclas asfálticas y su vida de servicio:

- Ensayos reológicos en un equipo DSR (Dynamic Shear Rheometer) de los ligantes e incluso másticos de partida en la fabricación de mezclas semicalientes.
- Medidas reológicas durante el proceso de mezclado en la fabricación de mezclas asfálticas, midiendo la energía consumida en el proceso de amasado.
- Medidas reológicas en el proceso de compactación: mediante datos obtenidos empleando el Compactador Giratorio.
- Ensayos dinámicos sobre probetas que dan información del comportamiento reológico durante la vida de servicio del aglomerado.

Pero no existe ningún método de ensayo que de información sobre el comportamiento reológico



Extendido de una mezcla asfáltica en obra.

que tiene el aglomerado durante el proceso de extendido de éste.

Durante el proceso de extendido se produce una pre-compactación del aglomerado. Este grado de pre-compactación dependerá principalmente de la viscosidad del ligante, de la relación filler/betún, del esqueleto mineral de la mezcla asfáltica, pero también de las dimensiones de equipo de extendido, de la velocidad del extendido y de la temperatura de la mezcla asfáltica [1,2].

Usualmente se utiliza la viscosidad del ligante para evaluar a qué temperaturas se debe de fabricar, extender y compactar una mezcla asfáltica. Pero esta metodología falla cuando se aplica a ligantes modificados, betunes o mezclas semicalientes; y de igual modo con mezclas con mucho o poco esqueleto mineral. Por ello, este análisis habría que hacerlo sobre algún ensayo que ponga en evidencia la fluidez de la mezcla asfáltica a distintas temperaturas de extendido [3]. Este es el cometido del estudio que presentaremos a continuación.

En estos momentos el dispositivo está en fase de fabricación y aún no disponemos de medidas con él. Lo que el dispositivo pretende es simular las fuerzas que se producen en el aglomerado durante el proceso de extendido y así predecir como se ve afectado el comportamiento de la mezcla cuando realizamos cambios en la formulación de ésta (cambio de ligante, relación filler/betún, granulometría, tipo de árido, etc.); y cuando alteramos las condiciones del extendido (dimensiones de salida del equipo de extendido, velocidad de extendido, temperatura, etc.)

Actualmente se está avanzando en el desarrollo de equipos de extendido que aumentan la pre-compactación en la mezcla asfáltica facilitando la compactación final de ésta [4]. También se están desarrollando sistemas de extendido multicapa que aumenta la eficacia del pavimento. En ambos casos, durante la etapa de extendido se somete a la mezcla asfáltica a un proceso de extrusión previo a la etapa de compactación final. Por tanto, como base para la puesta a punto eficiente de estos procesos, resulta interesante el estudio a nivel de laboratorio de la compactación de mezclas asfálticas sometidas a extrusión.

DESCRIPCIÓN

El dispositivo propuesto para el estudio de extendido y compactación de mezclas asfálticas es un sistema hidráulico capaz de compactar mezclas asfálticas mediante un proceso de extrusión de las mismas. Consta de los siguientes elementos principales:

- a) Banco de soporte.
- b) Dispositivo extrusor.
- c) Centralita hidráulica.
- d) Sistema de calefacción.
- e) Sistema de adquisición de datos.

Banco de soporte

Como se observa en la Figura 1, en la primera fase el banco de soporte es una mesa metálica de dimensiones y resistencia adecuadas. En una segunda fase, se sustituirá por un banco vibratorio para estudiar el efecto de esta variable sobre la extrusión.



Figura 1. Banco soporte del sistema extrusor.

Dispositivo extrusor

Una vista general del dispositivo extrusor se presenta en la Figura 2. Costa de un cilindro hidráulico, de 30-50 Tm de fuerza, que acciona un émbolo rectangular, el cual extruye la mezcla asfáltica por una salida

regulable mediante dos tornillos. Considerando, la conservación de la longitud de la probeta a extruir, la reducción de sección en la boca de la extrusora con respecto a la sección inicial, determinará el cambio de compactación de la probeta al ser extruida. El mecanismo de ajuste de la boca de extrusión está diseñado para extruir en una o dos direcciones. Por tanto, el grado de compactación y tipo de extrusión se establecen como variables fijadas mediante la regulación de la sección de la boca de extrusión.

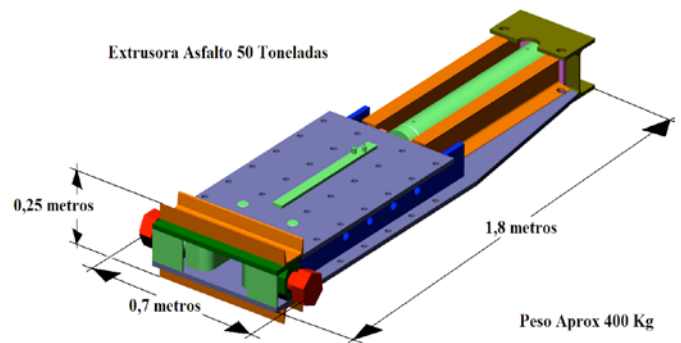


Figura 2. Dispositivo extrusor. Vista general.

En la Figura 3, puede observarse una vista de carga de la extrusora, la cual se consigue retirando la tapa superior.

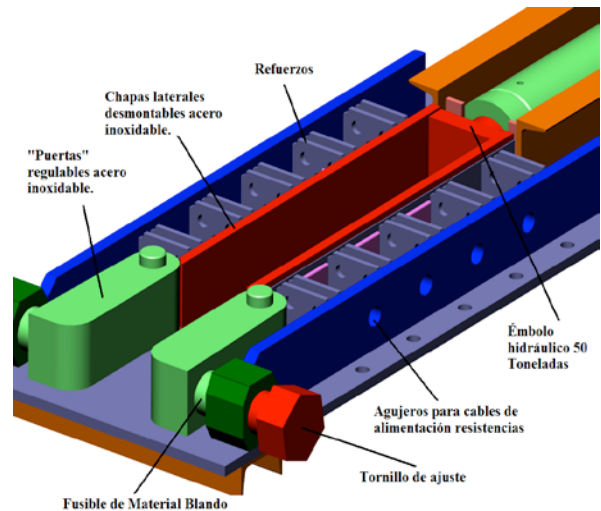


Figura 3. Dispositivo extrusor. Vista de carga.

Centralita hidráulica

El dispositivo extrusor se acciona mediante un cilindro hidráulico de 30-50 Tm y recorrido de 500 mm, el cual es accionado por una bomba de caudal constante y regulable en el intervalo de presión 10-480 bares.

La variable a fijar en este sistema es el caudal de la bomba, el cual es proporcional a la velocidad de recorrido del pistón y determina la velocidad de extrusión de la mezcla asfáltica. La variable a registrar es la presión del aceite hidráulico en varios puntos del circuito. Para un grado de compactación prefijado, este valor es proporcional a la fuerza necesaria para la extrusión de la mezcla a velocidad constante. El registro de esta variable se realizará mediante transductores electrónicos de membrana de forma continua.

Sistema de calefacción

La extrusora va provista de un circuito de calefacción capaz de mantener la temperatura de la mezcla asfáltica perfectamente controlada en el intervalo comprendido entre 50°C y 180°C. Una vista de los elementos de calefacción se presenta en la Figura 4.

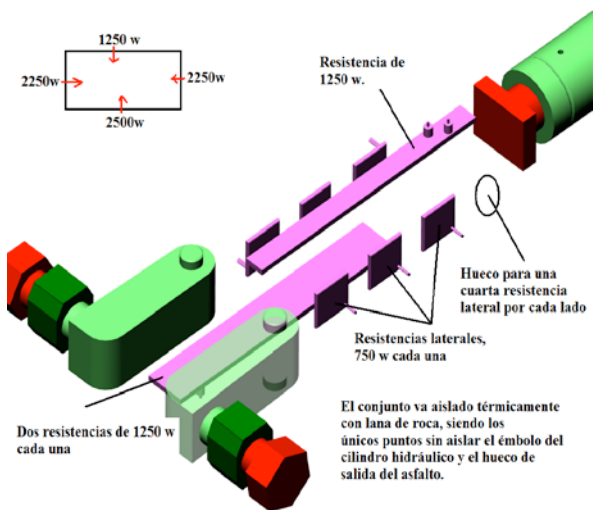


Figura 4. Dispositivo extrusor. Vista de los elementos de calefacción.

El esquema del circuito eléctrico que alimenta al sistema de calefacción se presenta en la Figura 5.

El presente circuito ha sido diseñado mediante una configuración trifásica, donde cada una de las fases alimentará a tres resistencias calefactoras ubicadas en diferentes puntos del modelo. Se ha optado por una configuración en triángulo de resistencias, como se muestra en la Figura 5, con objeto de que cada fase se encuentre equilibrada.

El control de temperatura se realizará mediante controladores PID convenientemente conectados a una serie de termopares distribuidos en el tubo extrusor.

La lectura de temperatura se registrará continuamente en función del tiempo junto con la ejercida por el cilindro necesaria para mantener una velocidad constante.

Sistema de adquisición de datos

Las variables a fijar en el proceso de extrusión de asfalto son:

1. Velocidad de avance del cilindro, mediante la regulación del caudal de la bomba de la centralita hidráulica.
2. Temperatura de la mezcla asfáltica, mediante la consigna en los controladores PID del sistema de calefacción.

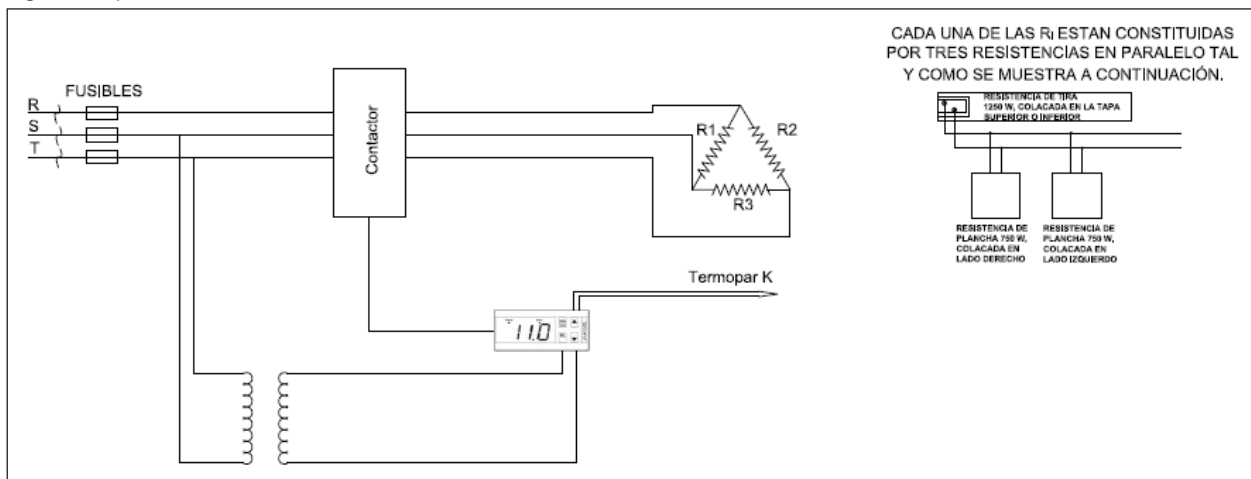


Figura 5. Circuito eléctrico del sistema de calefacción.

- Apertura de la boquilla extrusora, mediante el ajuste de los tornillos de la misma.

Por otra parte, las variables a registrar de forma continua durante el proceso de extrusión serán:

- Fuerza de acción del pistón, mediante el registro en función del tiempo de la presión del aceite hidráulico en el cilindro.
- Temperatura de la mezcla, mediante el registro en función del tiempo de la temperatura en el punto de extrusión.

La adquisición de datos de proceso se realizará mediante dispositivos NI-USB de la serie 9000 conectados a un PC, utilizando el correspondiente software de adquisición de datos.

Así mismo, una vez extruida la mezcla, se calculará el grado de compactación de ésta mediante los métodos normalizados que procedan.

CONCLUSIONES

Este equipo está en fase de construcción y puesta a punto. En esta fase se pretende:

- Evaluar las propiedades reológicas de las mezclas asfálticas durante el proceso de extendido.
- Conocer cuáles son las condiciones adecuadas para el extendido y posterior compactación de una mezcla asfáltica dada, como por ejemplo la temperatura idónea para su extendido.
- Evaluar las mejoras que se producen en los nuevos desarrollos de equipos de extendido simulando estos cambios a nivel de laboratorio.
- Analizar las mejoras que se producen en el extendido al aplicar nuevas tecnologías, como las mezclas semicalientes, mezclas templadas, mezclas autocompactables, etc,...

REFERENCIAS

- Levin, P. Asphalt Pavements: A Practical Guide to Design, Production and Maintenance for Engineers and Architects. Spon Press, New York, 2003.
- Compaction Manual, Caterpillar, 1989.
- Brown, EB. Density Of Asphalt Concrete - How Much Is Needed?. 69th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January 1990.
- Suits, L.D. y otros. Factors Affecting Compaction of Asphalt Pavements (CIRCULAR E-C105), Transportation Research Board, Washington, 2006.

AGRADECIMIENTOS

La realización del Proyecto Fénix (www.proyecto-fenix.es) ha sido posible gracias a la contribución financiera del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) dentro del marco del programa Ingenio 2010 y, más concretamente, a través del Programa CENIT. Las empresas y centros de investigación que participan en el Proyecto desean mostrar su gratitud por dicha contribución.

Los autores quieren agradecer a todas las organizaciones y empresas participantes del Proyecto Fénix: Centro de Investigación Elpidio Sánchez Marcos (CIESM), Centro Zaragoza, Construcciones y Obras Llorente (Collosa), Ditecpesa, Asfaltos y Construcciones Elsan, Intrame, Pavasal, Repsol YPF, Sacyr, Serviá Cantó, Sorigué, CARTIF, CEDEX, CIDAUT, CSIC (IIQAB), GIASA, Intromac, Labein, Universidad de Alcalá de Henares, Universidad Carlos III de Madrid, Universidad de Castilla La Mancha, Universidad de Huelva, Universidad de Cantabria, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Politécnica de Madrid, y a sus numerosos colaboradores cuya capacidad de trabajo y eficacia están permitiendo el desarrollo de este Proyecto en un ambiente de cooperación.