

III edición  
**ENCUENTRO  
ITCIP**

22 y 23 de junio de 2023  
Museo Ruso  
Málaga

Organizan



Colaboran Oro



Colaboran Plata



Colaboran Bronce



Instituciones colaboradoras



The background image shows a brick building with a central entrance featuring a large crest. The building has several windows with dark frames. A large white diamond shape is overlaid on the center of the image, containing the text. In the foreground, a group of people is gathered, and a tree is visible on the left side.

**PROYECTO ECOFIR: CONSTRUCCIÓN DE  
FIRMES Y PAVIMENTOS SOSTENIBLES EN LA  
CIUDAD DE MÁLAGA**

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### NECESIDAD

- ▶ **Reducir el impacto de las infraestructuras** sobre el Medio Ambiente Urbano durante:
  - ❖ La construcción
  - ❖ La Vida Útil (mantenimiento)
- ▶ Llevar el concepto de sostenibilidad a la obra pública mediante:
  - ❖ **Innovación** (mejorar los métodos y aplicar tecnologías más eficientes).
  - ❖ **Disminución del consumo** de recursos naturales.
  - ❖ **Reducción del consumo** de energía en el proceso.
  - ❖ **Incremento de la durabilidad de las infraestructuras**, minimizando las operaciones de mantenimiento y reposición, para aumentar su vida útil.

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

El 23 de junio de 2009 se firmó un convenio de colaboración para la realización del proyecto de investigación “UTILIZACIÓN DE MATERIALES PROCEDENTES DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN FIRMES DE VIALES EN CALLES DE LA CIUDAD DE MÁLAGA”.

El objetivo de este convenio fue el empleo de RCD en la ejecución del firme de la Calle Pascal de Málaga. Esta calle fue ejecutada en 2011 y se emplearon los siguientes materiales:

- ❖ Zahorra reciclada de hormigón.
- ❖ Hormigón seco compactado con áridos RCD de trituración de hormigón.



*Estado inicial de la calle Pascal*



*Extensión de la zahorra RCD*



*Estado a la finalización de la obra (2011)*



*Estado de la calle Pascal (2023)*

Esta calle soporta un intenso tráfico de vehículos pesados ya que por ella circulan camiones hormigoneras (por la existencia de plantas de hormigón en el polígono), autobuses (por la presencia de garajes de empresas de autobuses), y camiones de residuos urbanos (garaje de estos camiones). A pesar de ello, en el año 2023 el pavimento asfáltico no presenta anomalías como fisuras, roturas por fatiga o desprendimiento de áridos

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### TRAMOS EXPERIMENTALES OBRAS DE INFRAESTRUCTURAS VIARIAS PROMOVIDAS POR LA GMU

Tras esta exitosa experiencia, en enero del año 2018 se genera un nuevo equipo de trabajo dirigido por la GMU y compuesto por técnicos de las siguientes empresas: CEMOSA; RECICLADOS ROSTER S.L.; AGRECA / ASOC. ANDALUZA RCDS; PAMASA; FINANCIERA Y MINAS; EIFFAGE; CIRTEC

Los objetivos del equipo de trabajo:

1. Realizar propuestas, diseño, ejecución, control y seguimiento de **tramos experimentales**.
2. Redactar **normativa técnica de apoyo a Projectistas**, Direcciones de obra, Laboratorios y Contratistas para la ejecución de infraestructuras viarias más sostenibles:
  - ❖ Recomendaciones específicas para el empleo de productos y procedimientos de ejecución.
  - ❖ Recomendaciones para la ejecución de proyectos y obras con cálculos de índices de sostenibilidad.

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

La GMU ha promovido una gran cantidad de tramos experimentales en obras de infraestructuras viarias con el objetivo de incrementar la sostenibilidad.

El procedimiento de ejecución de cada tramo consistía en:

- ❖ Diseño del tramo.
- ❖ Ejecución y control de calidad del tramo.
- ❖ Análisis de los resultados de control de calidad.
- ❖ Seguimiento del tramo.
- ❖ Redacción de normativa específica de acuerdo con lo investigado en el tramo.

Materiales que se han analizado, y para los que se han redactado recomendaciones técnicas de la GMU:

- ❖ Áridos RCD.
- ❖ Polvo de caucho en mezclas bituminosas.
- ❖ Asfalto percolado.
- ❖ Empleo de HRB (Conglomerantes hidráulicos para carreteras).

Además de estos materiales, se han llevado a cabo tramos experimentales con:

- ❖ Empleo de **plásticos** en la fabricación de mezclas bituminosas.
- ❖ Fabricación de mezclas bituminosas **semicalientes**.
- ❖ Empleo de **fibras poliméricas** en hormigones secos compactados.
- ❖ **Incorporación del fresado** de la mezcla asfáltica de nueva construcción.

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### EMPLEO DE ÁRIDOS RCD

El firme habitual de las calles promovidas por la GMU en Málaga se compone de las siguientes capas: zahorra, hormigón seco compactado y pavimento asfáltico.

Los espesores de estas capas, así como la resistencia del hormigón y tipos de mezclas bituminosas depende de la intensidad de tráfico de la calle.

A partir de la experiencia de la Calle Pascal, el empleo de áridos RCD en las obras promovidas por la GMU se puede denominar como habitual.

Se han empleado materiales RCD sin ligar como son los suelos seleccionados, las zahorras, las arenas para camas de tuberías, las gravas drenantes y los materiales ligados con cemento como es el hormigón seco compactado.

De las muchas obras realizadas con áridos RCD destacamos dos de ellas por su importancia: La Avenida de Plutarco y la Alameda Principal de Málaga.

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### Avenida de Plutarco

El firme de esta avenida consistió en:

- ❖ 25 cm de zahorra de hormigón (ZARhorm). 15.000 Tn
- ❖ 25 cm de hormigón seco compactado de 20 MPa con la adición de  $3\text{kg/m}^3$  de fibras poliméricas.
- ❖ 6 cm de mezcla bituminosa tipo AC 16 SURF 35/50 S.

La obra se ejecutó en el año 2017. En la actualidad (año 2023) no se detectan fisuras reflejas por retracción del hormigón en aquellos tramos donde el hormigón se fabricó con fibras poliméricas.

### Alameda Principal de Málaga

La pavimentación de la Alameda Principal de Málaga se proyectó, al igual que en Plutarco, con un firme compuesto por zahorra reciclada de hormigón (6.000 Tn) , hormigón seco compactado con fibras poliméricas y pavimento asfáltico.

La Alameda Principal fue ejecutada en el año 2019. En el año 2023 no se detecta fisuración refleja en el pavimento.



## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### EMPLEO DE POLVO DE CAUCHO EN LAS MEZCLAS BITUMINOSAS

La primera experiencia en las calles de Málaga del empleo de mezclas bituminosas con alto contenido en caucho fue en la Avenida de Europa en 2014. La mitad de la calle se asfaltó con este tipo de mezcla y la otra mitad con una mezcla convencional.

Posterior a la obra de la Avenida de Europa, se pavimentaron numerosas calles con polvo de caucho. De todas ellas destacan la rehabilitación de la Avenida de Andalucía y la rehabilitación de la **Calle Navarro Ledesma**.

#### **Avenida de Andalucía**

En la actualidad la fisuración está muy controlada y no evoluciona como en el caso de la fisuración refleja en las mezclas convencionales.

#### **Calle Navarro Ledesma**

La investigación consistió en el estudio de las prestaciones de las mezclas bituminosas con diferentes contenidos en caucho sobre suelos de muy baja calidad geotécnica y por tanto con elevada fisuración.

La pavimentación se realizó en noviembre de 2019.

Cuatro años después de la rehabilitación: Tramo asfaltado con SMA (alto contenido en caucho), no aparece fisuración, frente al tramo de asfaltado convencional, en la que sí aparecen.

### III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP



*Avenida de Andalucía año 2023.*



*Calle Navarro Ledesma, aspecto de las fisuras (año 2023)*

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### PAVIMENTO PERCOLADO

Los pavimentos percolados están constituidos por una capa bituminosa drenante de 40 mm de espesor, cuyos huecos posteriormente se rellenan con una lechada de cemento, obteniéndose un firme de gran capacidad de soporte, resistente a las variaciones de temperatura, al derrame de aceites.

Se ejecutaron tramos experimentales en algunas paradas de autobuses y en los carriles Bus de la Alameda Principal.

Los carriles Bus de la Alameda Principal se ejecutaron en agosto de 2019. En el año 2023 no se aprecian anomalías en este pavimento, pavimento que está soportando un muy intenso tráfico de autobuses, con sus paradas y arranques.



Ejecución del pavimento percolado en la Alameda principal.



Aspecto actual (2023) del pavimento percolado colocado en la Alameda Principal de Málaga



## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

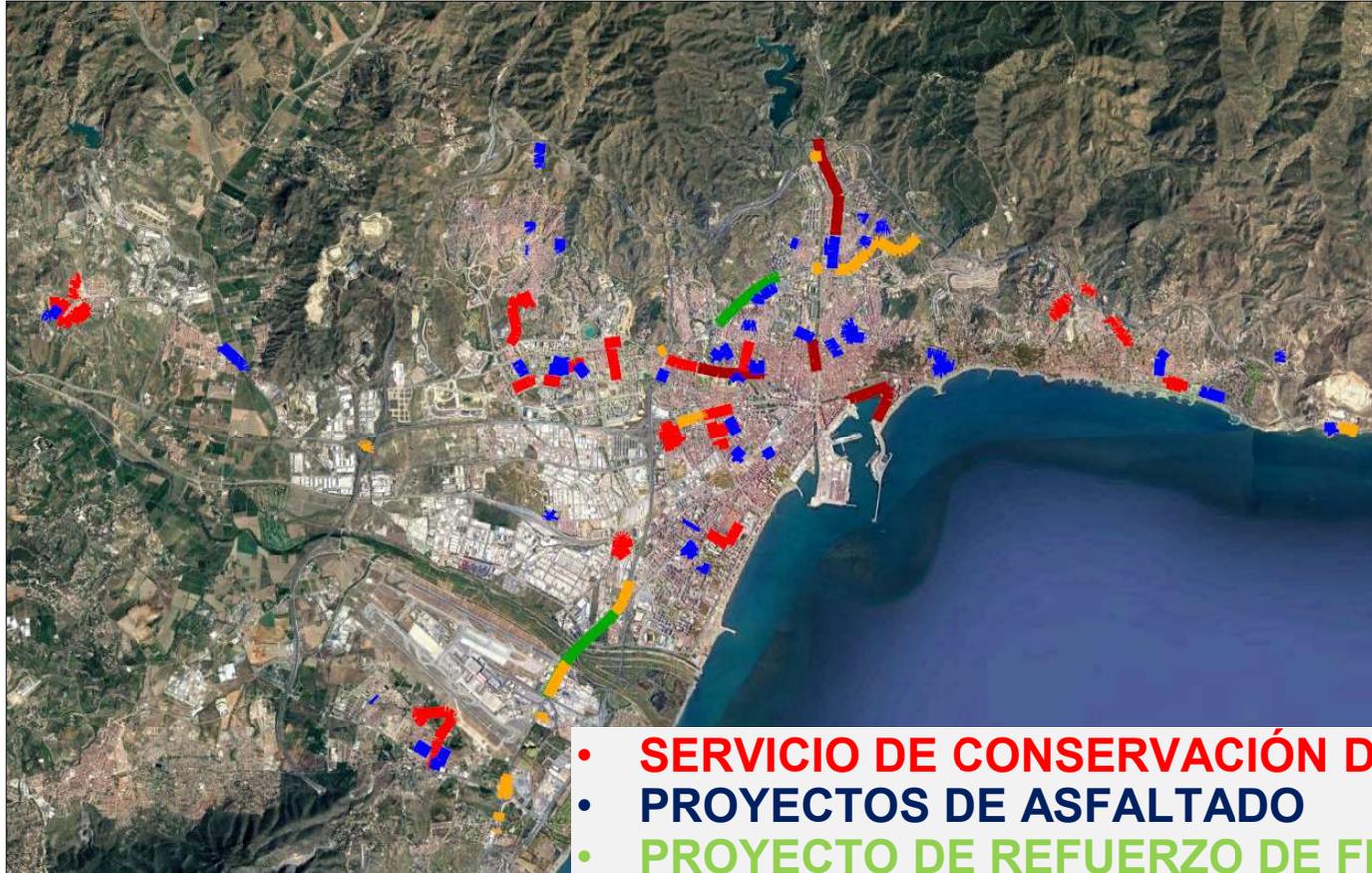
### MEZCLA BITUMINOSA CON PLÁSTICOS

Un tramo de la avenida de Andersen se pavimentó en 2020, con mezcla AC 16 SURF 35/50 S mejorada con caucho, cambiando el caucho por plástico PEBD.

En el año 2023 no se observan anomalías en ninguno de los tramos de esta calle.



## INVERSIONES EN MÁLAGA EN CONSERVACIÓN DE CALZADA



280.000 m<sup>2</sup> /+ de 30 km (por año)  
15 millones (2015-2020)  
**9 millones de euros** (2021-2023)

- **SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE ASFALTO**
- **PROYECTOS DE ASFALTADO**
- **PROYECTO DE REFUERZO DE FIRME EN MA-21 Y VALLE INCLÁN**
- **SERVICIO VÍAS DE ALTA DENSIDAD**

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### *“Grupo de Sostenibilidad, Durabilidad e Innovación para las obras promovidas por el Ayuntamiento de Málaga”*

La GMU de Málaga impulsa en 2018, un proyecto integrado por técnicos de la Gerencia y de las industrias del sector de la construcción, con la misión de explorar innovaciones aplicables a la mejora del impacto medio ambiental y a la durabilidad de las infraestructuras de la ciudad, como:

- Implementar métodos innovadores que permiten reducir el consumo de recursos naturales y energéticos de los procesos constructivos.
- Promover la economía circular en el sector de la construcción:
  1. Aprovechamiento de las materias primas.
  2. Maximización de la valorización de los residuos o subproductos de las obras y de otros sectores industriales.
  3. Disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, etc.

Resultados de este Grupo de Trabajo son las Recomendaciones para la fabricación y puesta en obra de nuevos materiales y soluciones constructivas, aprobadas por el Consejo Rector de la GMU por unanimidad en abril 2019 y que forman parte de los Pliegos de las obras.

# III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP



## RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE MATERIALES PROCEDENTES DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) EN FIRMES DE VIALES EN MÁLAGA



GERENCIA MUNICIPAL DE URBANISMO  
AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA



## RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS PARA CARRETERAS (HRB) EN FIRMES DE VIALES EN MÁLAGA.



GERENCIA MUNICIPAL DE URBANISMO  
AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

# III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

 Ayuntamiento de Málaga  
Gerencia Municipal de Urbanismo, Obras e Infraestructuras



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS TRATADAS CON POLVO DE CAUCHO PROCEDENTE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU) EN FIRMES DE VIALES EN MÁLAGA



GERENCIA MUNICIPAL DE URBANISMO  
AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

 Ayuntamiento de Málaga  
Gerencia Municipal de Urbanismo, Obras e Infraestructuras



Departamento de Arquitectura e Infraestructuras  
Servicio de Proyectos y Obras de Infraestructuras

## RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE PAVIMENTOS DE ASFALTOS PERCOLADOS EN FIRMES DE VIALES EN MÁLAGA



GERENCIA MUNICIPAL DE URBANISMO  
AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

La aplicación de estas Recomendaciones ha supuesto en los últimos años:

- ❖ Reutilizar miles de Toneladas de material en forma de áridos reciclados, polvo de ruedas de vehículos usadas.
- ❖ Disminuir los espesores de firme y aplicar técnicas de puesta en obra con menores molestias para los ciudadanos (bajando las temperaturas en la fabricación y puesta en obra de las mezclas bituminosas).
- ❖ Incrementar la durabilidad (pavimentos percolados).
- ❖ Utilizar pavimentos fotocatalíticos (con función de descontaminación del aire).

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### LEGISLACIÓN Y GRADO DE CUMPLIMIENTO

- ❖ Directiva 2008/98 CE. Directiva Marco de residuos.
- ❖ El RD105/2008, de 1 de febrero, que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD).
- ❖ Ley 22/2011. Ley Marco de residuos y suelos contaminados.
- ❖ Decreto 73/2012. Reglamento de residuos de Andalucía.
- ❖ Ley 3/2023, de 30 de marzo, de Economía Circular de Andalucía: Contratación pública ecológica (CPE)

Para cumplir la legislación deben incrementarse significativamente las tasas de reciclado de residuos de construcción y demolición, así como el empleo de residuos de otros sectores (plásticos, etc.)

#### ► Causas del incumplimiento legislativo:

- ❖ Desconocimiento técnico y reticencias a utilizar materiales reciclados.
- ❖ Falta de sensibilidad ecológica.
- ❖ Calidad deficiente de los áridos reciclados, etc.

#### ► Para incrementar el empleo de materiales reciclados en las obras, se precisa:

- ❖ Una normativa específica de caracterización y empleo de áridos y otros materiales reciclados.
- ❖ Garantizar la calidad de estos materiales por parte de los productores de los mismos.
- ❖ El impulso por parte de las Administraciones.

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

**PROYECTO ECOFIR:** Firms sostenibles, reciclados y durables para la ciudad de Málaga, pensando en una obra pública comprometida con la lucha contra el cambio climático y el bienestar de los ciudadanos.

ECOFIR persigue la elaboración de una Instrucción de Firms Sostenibles de la ciudad de Málaga en la que imperen:

- CALIDAD de las obras.
- DURABILIDAD de las obras.
- SOSTENIBILIDAD de las obras.
- RECARGA DE ACUÍFERO mediante pavimentos drenantes.

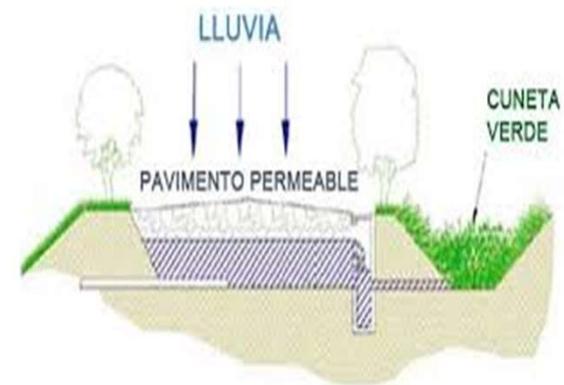
**Objetivo:** promover el uso de áridos reciclados procedentes de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y de mezclas asfálticas sostenibles en los firms y pavimentos de la ciudad de Málaga.

Se proponen diferentes secciones de firme y formaciones de explanada constituidos por materiales sostenibles, con el objetivo de que el proyectista pueda elegir la solución más adecuada desde el punto de vista técnico, económico y sostenible.

### Ámbito de aplicación:

El catálogo presenta secciones tipo de firme sostenibles para:

- Vías urbanas.
- Acerado y vías peatonales.
- Vías ciclistas.
- Caminos rurales.
- Zanjas urbanas.



## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### METODOLOGÍA

#### **Fase previa**

1. Ejecutar obras con tramos experimentales (materiales y procedimientos indicados en las Recomendaciones).
2. Seguimiento y elaboración de Informe de Inspección.
3. Redacción de las Recomendaciones (marco de referencia para proyectistas y constructores).

#### **Metodología**

1. Propuesta de:
  - Secciones de firme y pavimentos sostenibles.
  - Formaciones de explanada
2. Evaluación de la sostenibilidad de los firmes mediante indicadores organizados en dos categorías:
  - Durabilidad.
  - Medio ambiente.

## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD



#### DURABILIDAD

10 puntos

<b>DU-1.</b> Extensión de la vida útil	(6 puntos)
<b>DU-2.</b> Tipología de sección	(4 puntos)

$$\text{Índice de Durabilidad} = P_{DU.1} + P_{DU.2}$$



#### MEDIOAMBIENTE

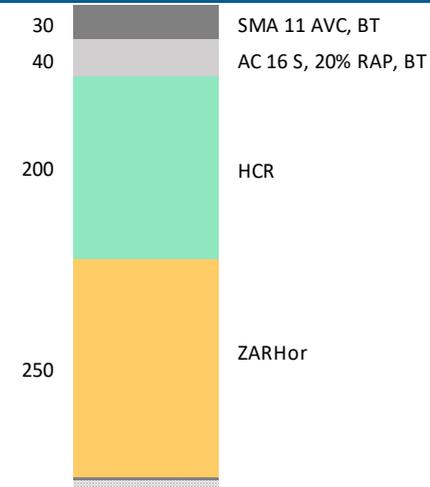
10 puntos

<b>MA-1.</b> Contenido de reciclados	(5 puntos)
<b>MA-2.</b> Consumo energético	(2 puntos)
<b>MA-3.</b> Emisiones de CO <sub>2</sub>	(2 puntos)
<b>MA-4.</b> Mitigación del ruido	(1 punto)

$$\text{Índice Medioambiental} = P_{MA.1} + P_{MA.2} + P_{MA.3} + P_{MA.4}$$

# III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

	Alternativa A	Alternativa B
<b>Tipo de sección</b>	Firme semirrígido	Firme semirrígido
<b>Vida útil teórica</b>	27.9 años	27.9 años



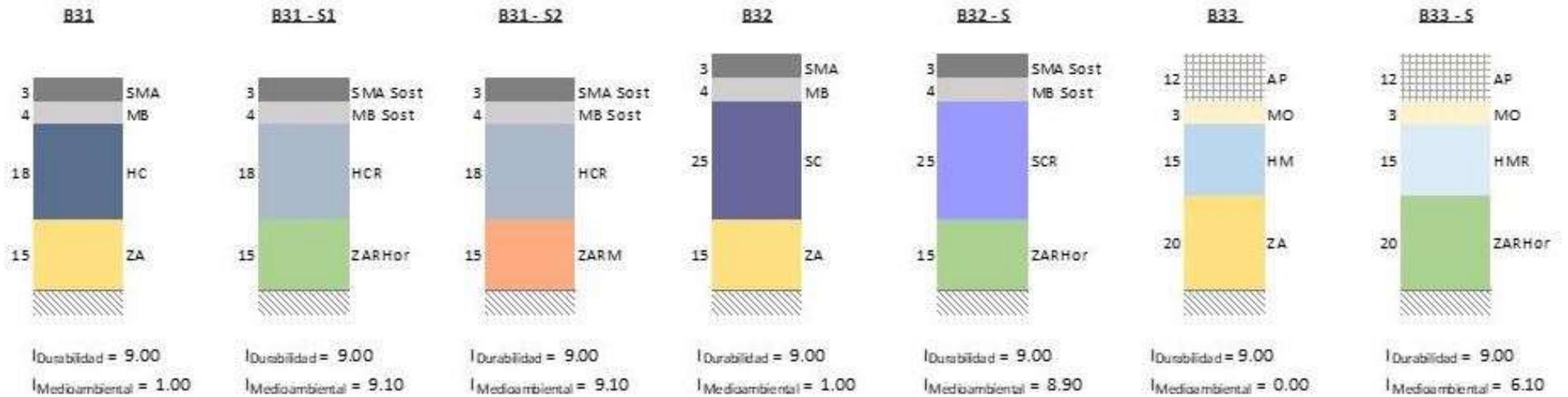
INDICADORES DURABILIDAD	Alternativa A	Alternativa B
DU-1: Extensión de la vida útil	5.00	5.00
DU-2: Tipología de sección	4.00	4.00
<b>ÍNDICE DE DURABILIDAD</b>	<b>9.00</b>	<b>9.00</b>

INDICADORES MEDIOAMBIENTE	Alternativa A	Alternativa B
MA-1: Contenido de reciclados	0.12	3.56
MA-2: Consumo energético	0.00	2.50
MA-3: Emisiones de CO2	0.00	2.50
MA-4: Mitigación del ruido	1.00	1.00
<b>ÍNDICE MEDIOAMBIENTAL</b>	<b>1.12</b>	<b>9.56</b>

# III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

## CATEGORÍA DE TRÁFICO: (B) MEDIO / T2

EXPLANADA E3



## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

### ¿CÓMO SE PUEDE APROVECHAR EL CONOCIMIENTO ADQUIRIDO?

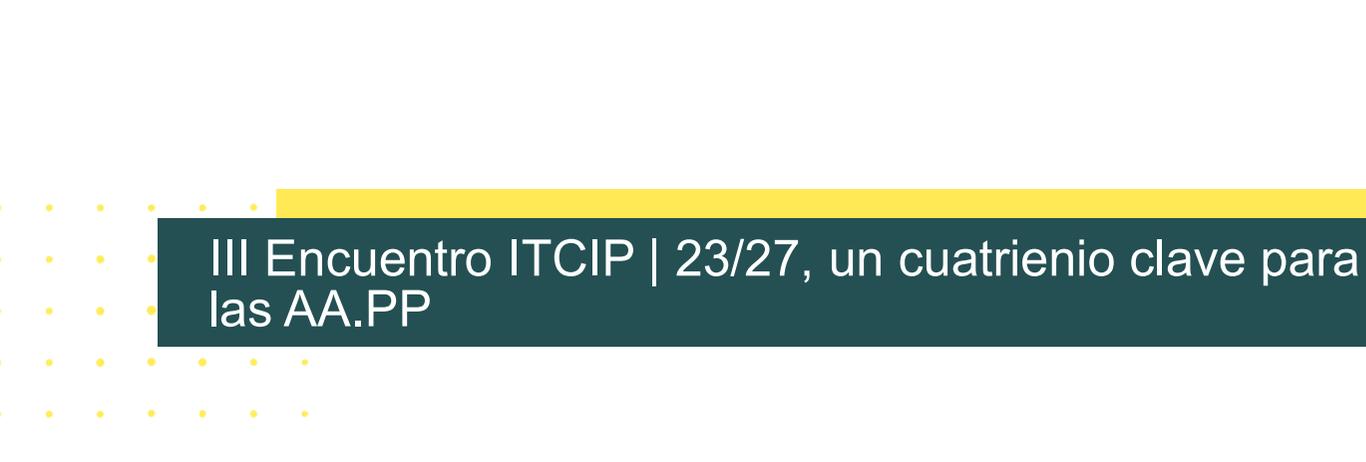
- Este sistema es fácilmente exportable a otros organismos, adaptando la herramienta creada en la GMU a las necesidades particulares.
- Las Recomendaciones diseñadas en Málaga ya están siendo aplicadas en varias ciudades españolas, y en otros países como Perú.

### CONCLUSIONES

- Las Administraciones deben tener por objetivo **aumentar la sostenibilidad** en sus obras de construcción, lo que implica el uso de materiales y procedimientos novedosos que requieren disponer de herramientas normativas que faciliten a los agentes de la construcción la adopción de estas nuevas técnicas.
- La normativa básica de empleo de materiales no es suficiente para promover la sostenibilidad.
- Hay que vencer la inercia de ejecutar las obras de manera convencional.
- La GMU propone que los proyectos de obras viarias lleven a cabo una **evaluación de la sostenibilidad** (los proyectistas deberán elegir de las diferentes soluciones posibles, aquella que presente un mayor índice de sostenibilidad), en cumplimiento de las normativas medioambientales (ley de residuos o economía circular).

**Es posible construir de forma sostenible, utilizando materiales reciclados, reduciendo la huella ambiental de la construcción, tanto en la obra promovida por la Administración como en la de iniciativa privada, sin incrementos económicos significativos**





## III Encuentro ITCIP | 23/27, un cuatrienio clave para la adaptación y el liderazgo en las AA.PP

**MUCHAS GRACIAS**

María Pilar Vila Herrero (GMUOI Málaga). Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Ramsés Vidal Sánchez (GMUOI Málaga). Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos