Empleo de materiales reciclados para nuevos pavimentos sonoreductores. Proyectos REPARA 2.0 y Silent Rubber Pave.

Antonio Ramírez

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Director de Innovación y Gestión del conocimiento.

Índice:

1. Repara 2.0
2. Rarx. Fuenlabrada
3. Silent Rubber Pave
4. Chile

Desarrollo de nuevas técnicas y sistemas de información para la **RE**habilitación sostenible de **PA**vimentos de carrete**RA**s.

http://www.proyectorepara.com/

Sacyr Construcción

acciona Infraestructuras

REPSOL

FRACTALIA Engineering

REPARA 2.0

chm Infraestructuras

cemosa Ingeniería y Control

SOLIDFOREST

Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

ugr Universidad de Granada

UCLM
UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

UPC
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

REPAR 2.0

Universidad de Alcalá

CEDEX
CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

centro tecnológico del metal murcia

POLITÉCNICA

UC
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

CENTRO TECNOLÓGICO CARTIF

2. Principales objetivos del proyecto

El PROYECTO REPARA 2.0

- **Nuevas técnicas para rehabilitación sostenible de pavimentos**
- **Innovaciones para la resiliencia frente al cambio climático**
- **Innovaciones para la monitorización y detección del estado de firmes**
- **Análisis del ciclo de vida y sus costes**
- **Innovaciones para el cumplimiento de normativa y sistema de dimensionamiento de firmes**

3. Las claves del proyecto

1. Mezclas sonoreductoras
2. Mezclas autoreparantes
3. Mezclas recicladas en frío in situ para rehabilitación estructural y superficial
4. Mezclas en frío en central
5. Mezclas reflectantes 2.0 – Cool pavements
6. Resiliencia frente al cambio climático
7. Monitorización y detección del estado de firmes
8. Medio ambiente. Análisis de ciclo de vida y sus costes asociados
9. Normativa y sistema de dimensionamiento de firmes

Paquete de Trabajo 1: *Desarrollo de nuevas técnicas para la rehabilitación sostenible de pavimentos*

Líder del paquete:

Sacyr Construcción

Colaboran:

- Acciona Infraestructuras
- REPSOL
- CEMOSA
- CHM Obras e Infraestructura

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

CDTI Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial

Paquete de Trabajo 2: *Resiliencia frente al Cambio Climático*

Líder del paquete:

acciona Infraestructuras

Colaboran:

- Fractalia Engineering
- CHM Obras e Infraestructura

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

CDTI Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial

Paquete de Trabajo 3: *Desarrollo de sistemas de instrumentación avanzada para la monitorización del estado del firme*

Líder del paquete:

FRACTALIA Remote Systems

Colaboran:

- Sacyr Construcción
- Acciona Infraestructuras
- CEMOSA
- CHM Obras e Infraestructuras

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

CDTI Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial

Paquete de Trabajo 4: *Análisis de Ciclo de Vida y Análisis de Costes del Ciclo de Vida*

Líder del paquete:

SOLIDFOREST

Colaboran:

Este Paquete de trabajo será desempeñado únicamente por Solid Forest a partir de la información generada por el resto de miembros del proyecto.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

CDTI Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial

Paquete de Trabajo 5:*Desarrollo de normativa y software de dimensionado de firmes*

Líder del paquete:

cemosa
Ingeniería y Control

Colaboran:

- Sacyr Construcción
- Acciona Infraestructuras
- Repsol
- CHM Obras e Infraestructura

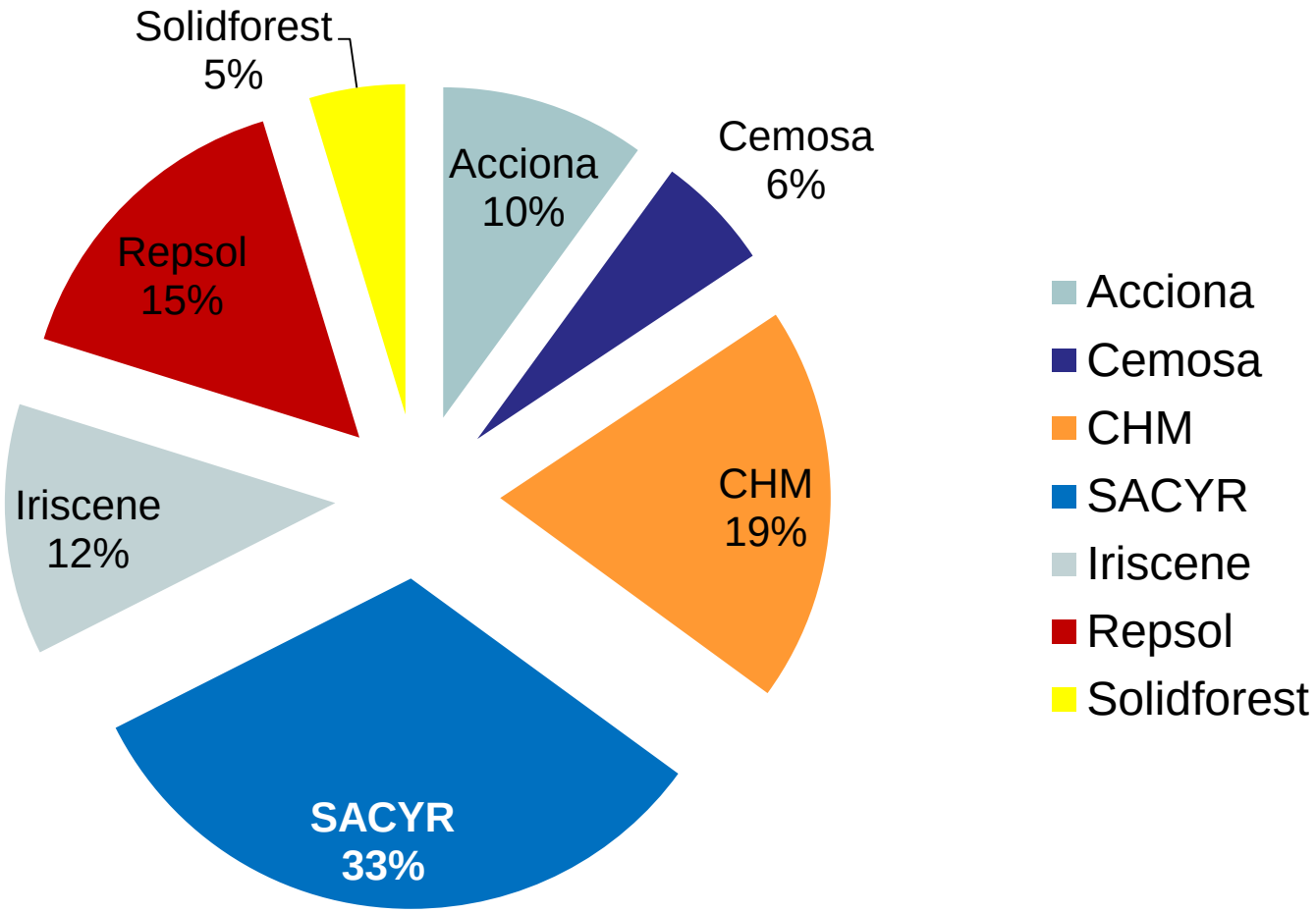
4. Presupuesto por empresa

Socios	P. Sin OPIS	OPIS	Total	%
Acciona	463.303	242.750	706.053	10,01%
Cemosa	338.280	60.000	398.280	5,64%
CHM	1.145.195	223.225	1.368.420	19,39%
Fractalia	694.892	171.980	866.872	12,28%
Repsol	791.550	300.000	1.091.550	15,47%
Sacyr	1.906.554	387.121	2.293.675	32,50%
Solidforest	272.395	59.300	331.695	4,70%
Total	5.612.169	1.444.376	**7.056.545**	100,00%

7. Cronograma con principales tareas de Sacyr

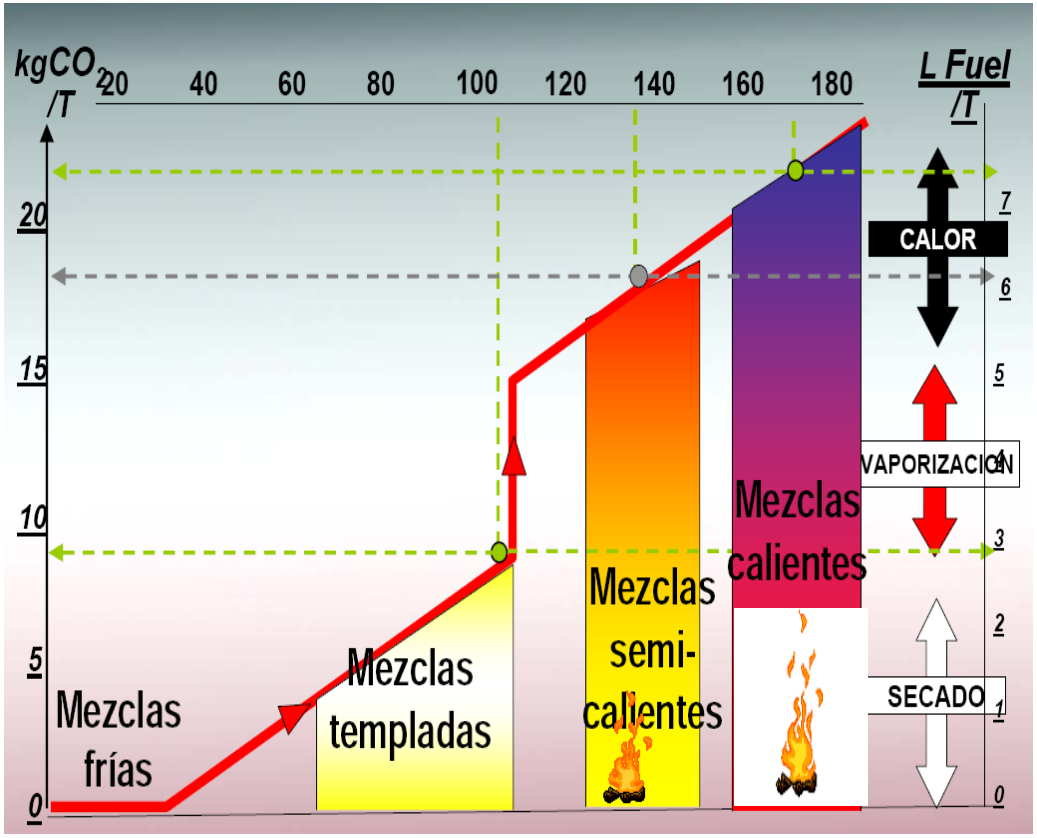
DESCRIPCION DE TAREAS	Lider	Colabora	2015	2016				2017				2018				2019		
PT1. Desarrollo de nuevas técnicas para la rehabilitación sostenible de pavimentos	**SACYR**	**ACCIONA, REPSOL**	**T4**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T1**	**T2**	**T3**
T1.1.- Estudio de materiales y obtención del fresados representativos	REPSOL	YR/ACCIONA/CEMOSA/CHM																
T1.1.1.- Localización de tramos de ensayo	SACYR	ACCIONA/CHM																
T1.1.2.- Ensayo de caracterización de RAP y su ligante y materiales de aportación	REPSOL	SACYR/ACCIONA																
T1.1.3.- Desarrollo de ligantes 2.0	REPSOL	SACYR/ACCIONA/CEMOSA																
Desarrollo de emulsiones para mezclas sonoreductoras 2,0	REPSOL	SACYR																
T1.2.- Definición de la fórmula de trabajo. Estudio de su comportamiento a corto, largo plazo y su func	REPSOL	YR/ACCIONA/CHM/CEM																
T1.2.1.- Mezclas sonoreductoras 2,0	SACYR	REPSOL																
T1.2.3.- Mezclas recicladas in situ 2.0 para rehabilitación estructural y superficial	REPSOL	SACYR																
T1.2.5.- Reciclados en frío 2,0 con ligante alternativo en base betún	CEMOSA	SACYR/ACCIONA																
T1.3.- Ejecución de tramos experimentales	SACYR/ACCIONA	CHM/CEMOSA																
T1.3.2.- Definición de requisitos del equipo de fabricación y parámetros de producción	SACYR	ACCIONA																
T1.3.3.- Fabricación y puesta en obra de las mezclas experimentales	SACYR	REPSOL/CEMOSA/ACCIONA																
Mezclas sonoreductoras 2,0	SACYR																	
Mezclas recicladas in situ para rehabilitación estructural y superficial 2.0	SACYR																	
Reciclados en frío 2,0 con ligante alternativo en base betún	SACYR	CEMOSA/ACCIONA																
PT3. Desarrollo de sistemas de instrumentación avanzada para la monitorización del estado del firm	**FRACTALIA**	**INZAMAC/ACCIONA/SACYR/CEMOSA/CHM**																
T3.3.-Despliegue experimental de instrumentación y herramientas	FRACTALIA	SACYR/ACCIONA/INZAMAC																
T3.3.1.- Despliegue de equipamiento en tramo experimental	INZAMAC	FRS/ACCIONA/SACYR																
T3.3.3.- Pruebas, validación y recogida de datos con equipameinto desplegado	FRACTALIA	SACYR/ACCIONA/INZAMAC																
T3.4.- Auscultación de los tramos experimentales	INZAMAC	CEMOSA/SACYR																
T3.4.1.-Auscultación con vehículos de alto rendimiento	INZAMAC	SACYR																
PT5. Desarrollo de normativa y software de dimensionamiento de firmes	**CEMOSA**																	
T5.2.- Elaboración del catálogo de firmes	CEMOSA																	
T5.2.1.- Cálculo de las secciones tipo con el software de dimensionamiento de firmes	CEMOSA	SACYR/ACCIONA																
T5.2.2.- Redacción y maquetación del catálogo de firmes	CEMOSA	SACYR/ACCIONA																
T5.3.- Elaboración de la guía de aplicación y PPTP de cada tecnología	CEMOSA	ACYR/ACCIONA/REPSO																

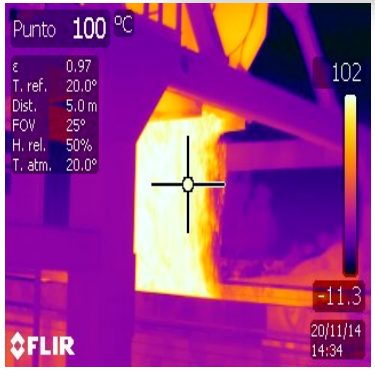
4. Presupuesto por empresa



¿Qué es RTE?

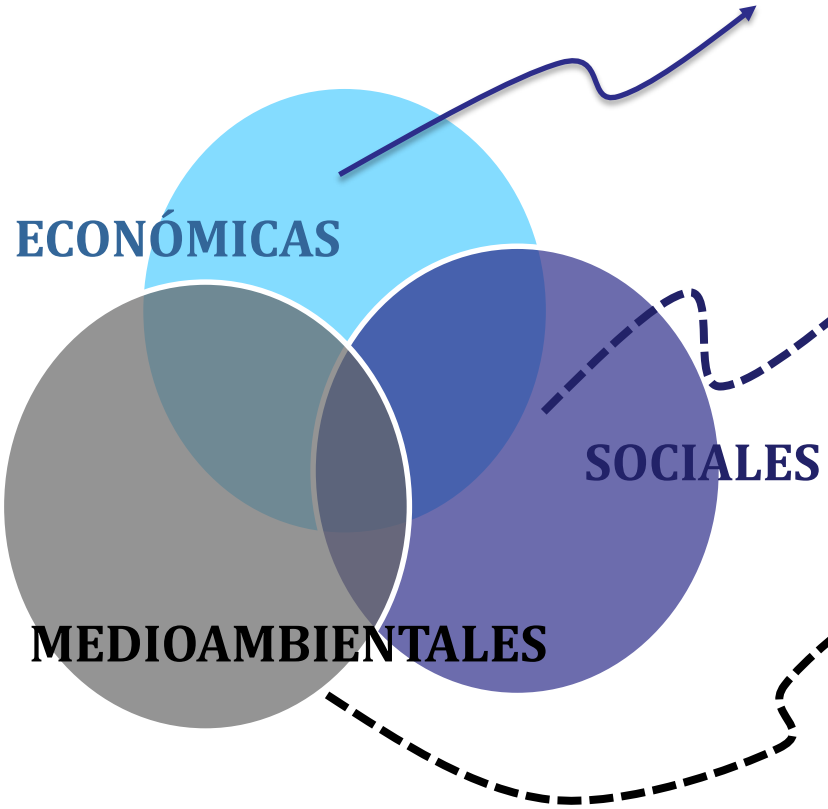
RTE = RAP + ¿ÁRIDOS? + EMULSIÓN





VENTAJAS DE LOS RTE

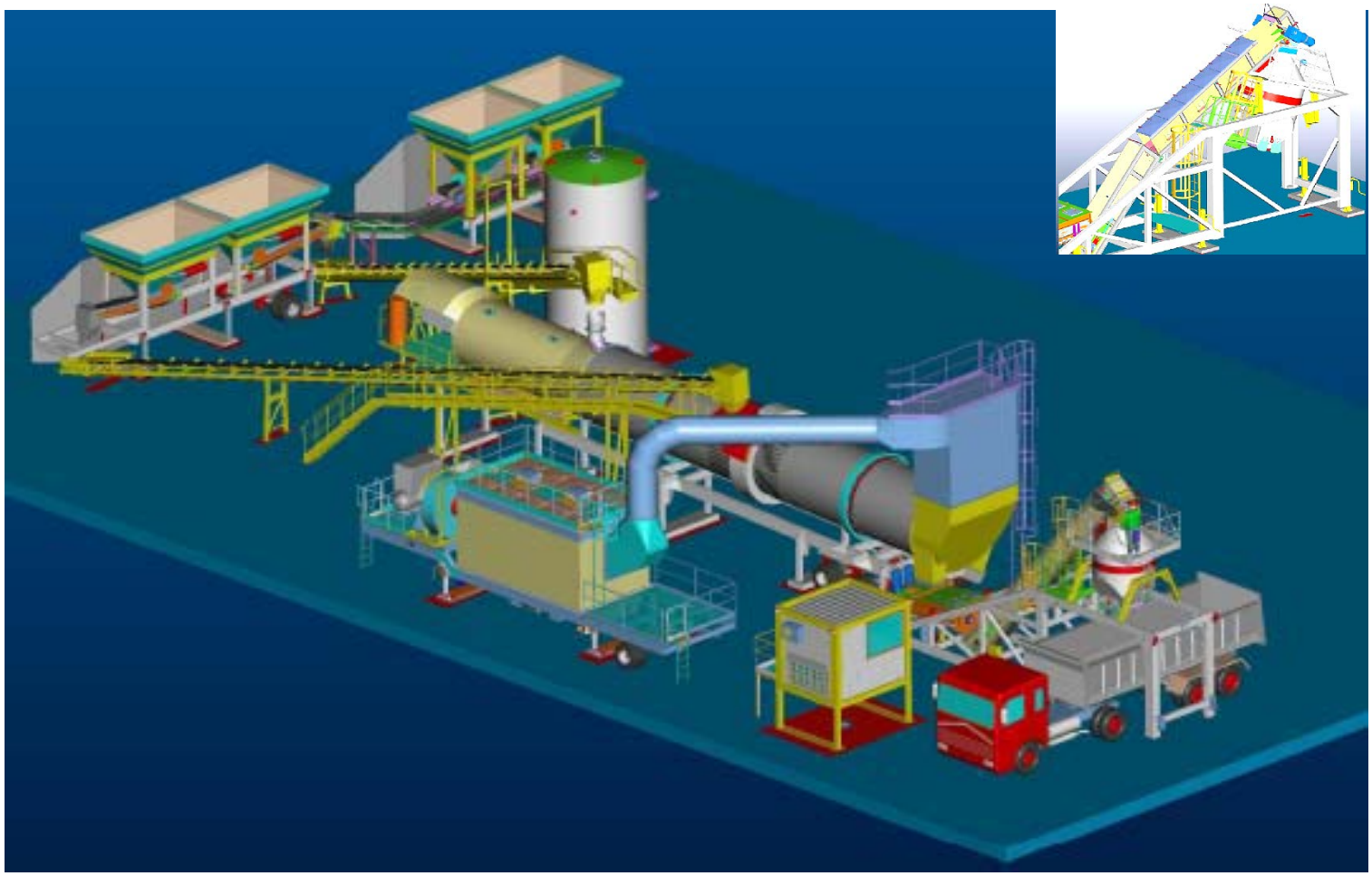
- Hasta un 100% de RAP con aumento de la vida útil
- Maquinaria convencional para la colocación
- Mayores distancias de transporte



- No requieren de tiempo de maduración
- Prestaciones mecánicas similares a las MBC
- Mejores condiciones de trabajo.

- No vertederos.
- Menos necesidades de áridos y ligante.
- Menos consumo de combustible
- Menos emisiones.

5. Planta prototipo de reciclado templados



6. Tramo de prueba con mezclas Sonoreductoras RTE

Mezclas Sonoreductoras RTE		
Sono SR1-100% 4% emulsión	Sono SR2-50 4% emulsión	Sono SR3-25% 5,7% emulsión
300 m	300 m	300 m

PA 16 y BBTM 11b. Emulsiones de Repsol y de la UGR

Rehabilitación de firmes urbanos en Fuenlabrada utilizando mezclas SMA 11 y Thingap

RAR X™
Enhanced Elastomeric Asphalt Extender

Caucho reciclado activado para asfaltos

La nueva frontera en tecnología de asfaltos.

Sacyr Construcción · Valoriza Servicios Medioambientales · COMPOSAN Industrial y Tecnología · consulpav Consultores e Proyectistas de Pavimentos, Lda. · Ayuntamiento de Fuenlabrada

¿Qué es el RARx?

Betún

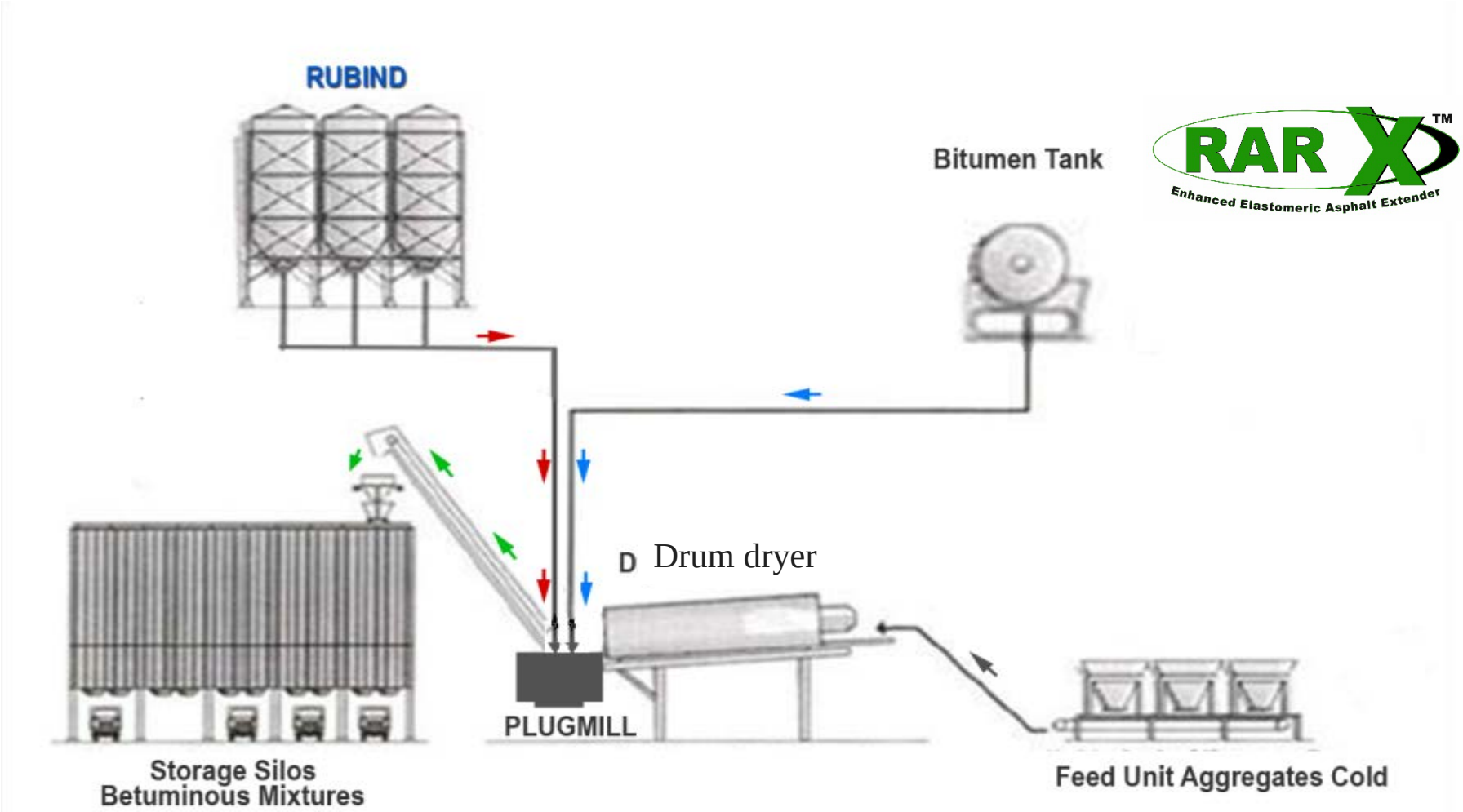
+

Polvo de NFU

+

Aditivos

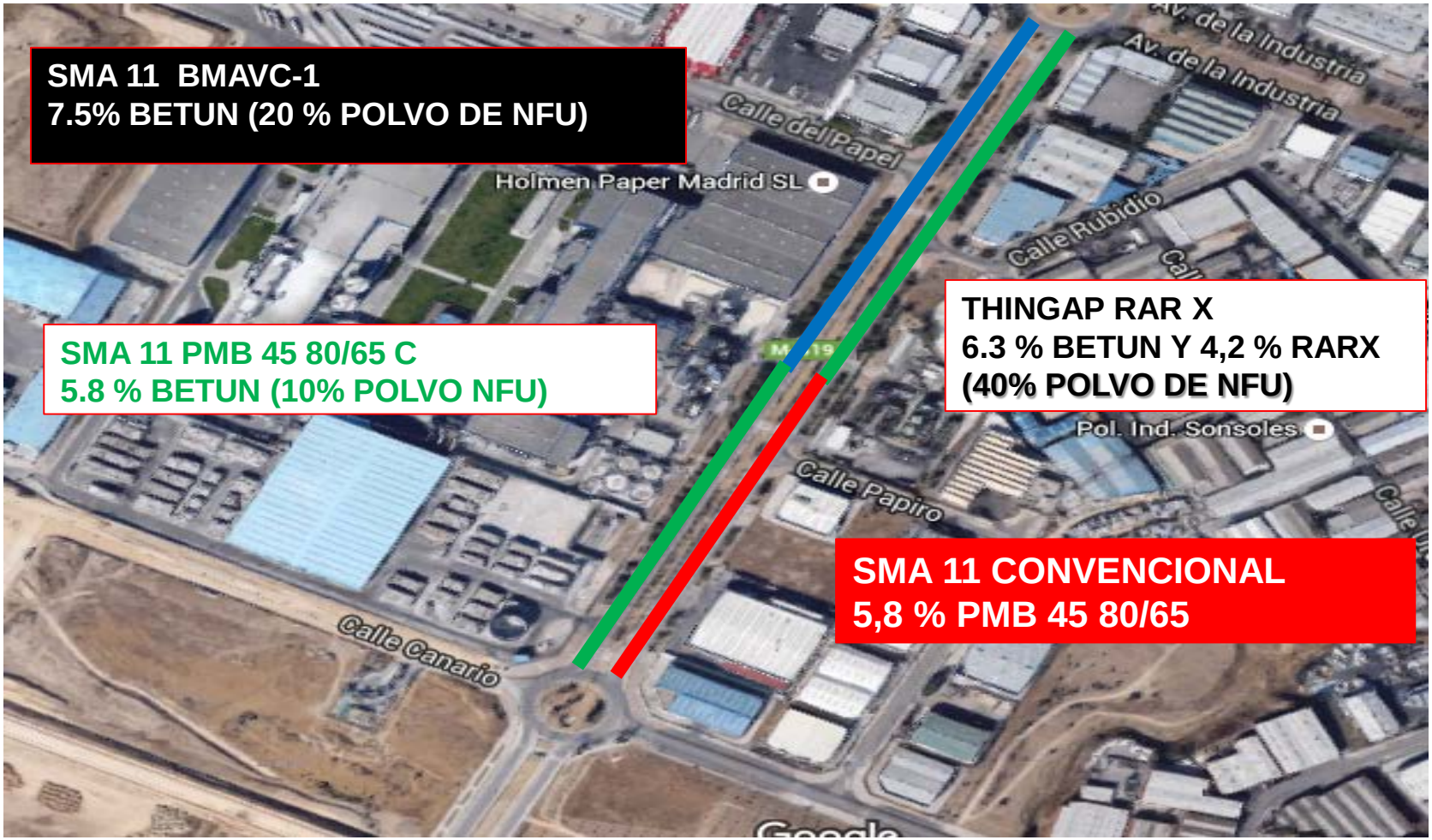
RAR X™
Enhanced Elastomeric Asphalt Extender



COMPOSAN
INDUSTRIAL Y TECNOLOGÍA

Ventajas

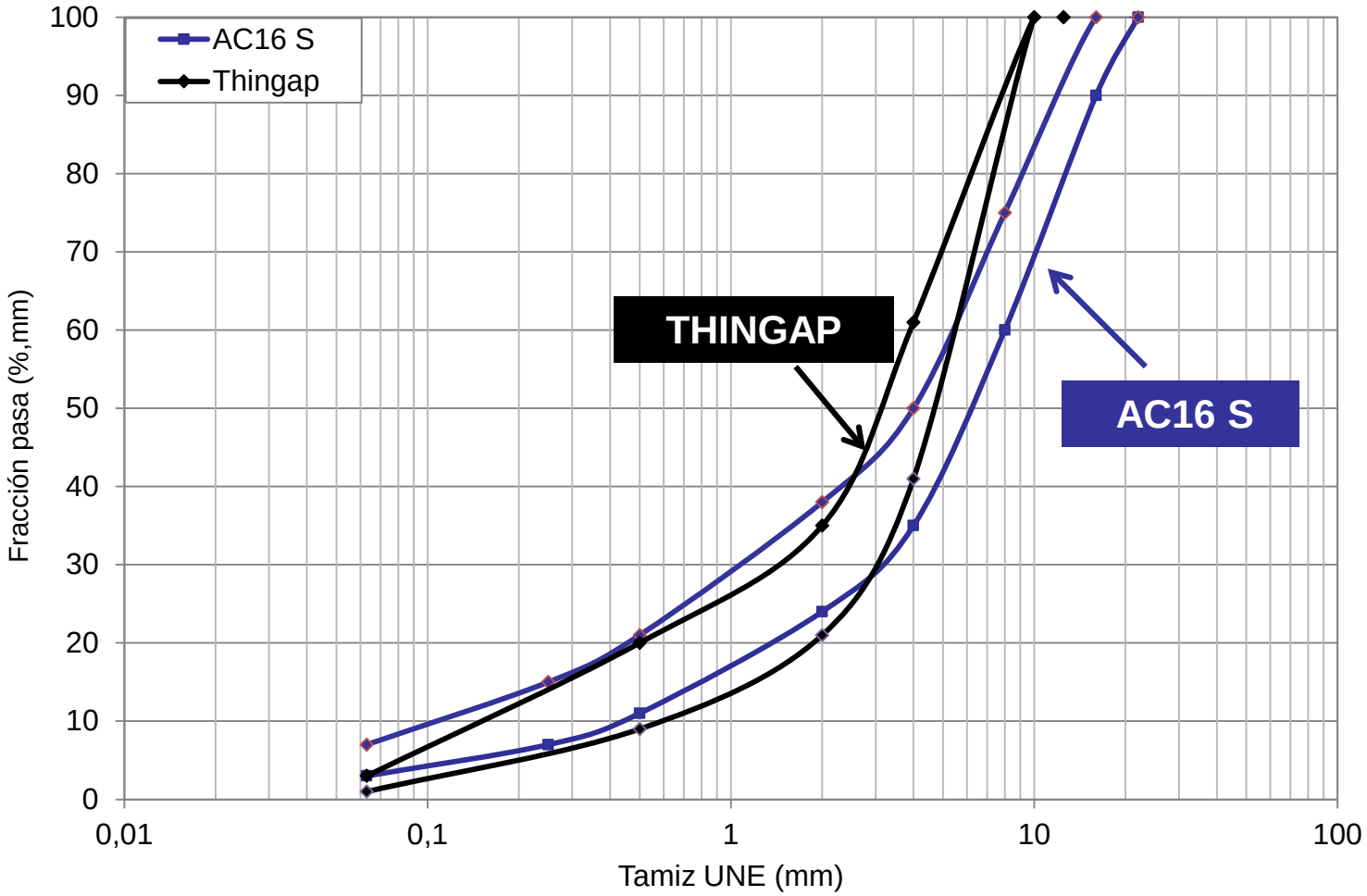
- ✓ **Fácil almacenaje, transporte y utilización**
- ✓ **No necesita maquinaria accesoria de fabricación de betunes.**
- ✓ **Mejora las propiedades de mezcla y del asfalto.**
- ✓ **Evita los problemas de calentamiento y enfriamiento de los betunes caucho.**
- ✓ **Se pueden hacer nuevas mezclas mejoradas con más polvo de NFU y betún:**
  - ✓ **Aumento en la reducción de ruido**
  - ✓ **Mejor comportamiento a fatiga,**
  - ✓ **Buen comportamiento frente a deformaciones plásticas**
- ✓ **Evita la necesidad de utilización de polímeros sintéticos (SBS)**
- ✓ **ALTAMENTE RENTABLE!!!**



Tramo de ensayo: Av. De la Cantueña. Fuenlabrada Madrid

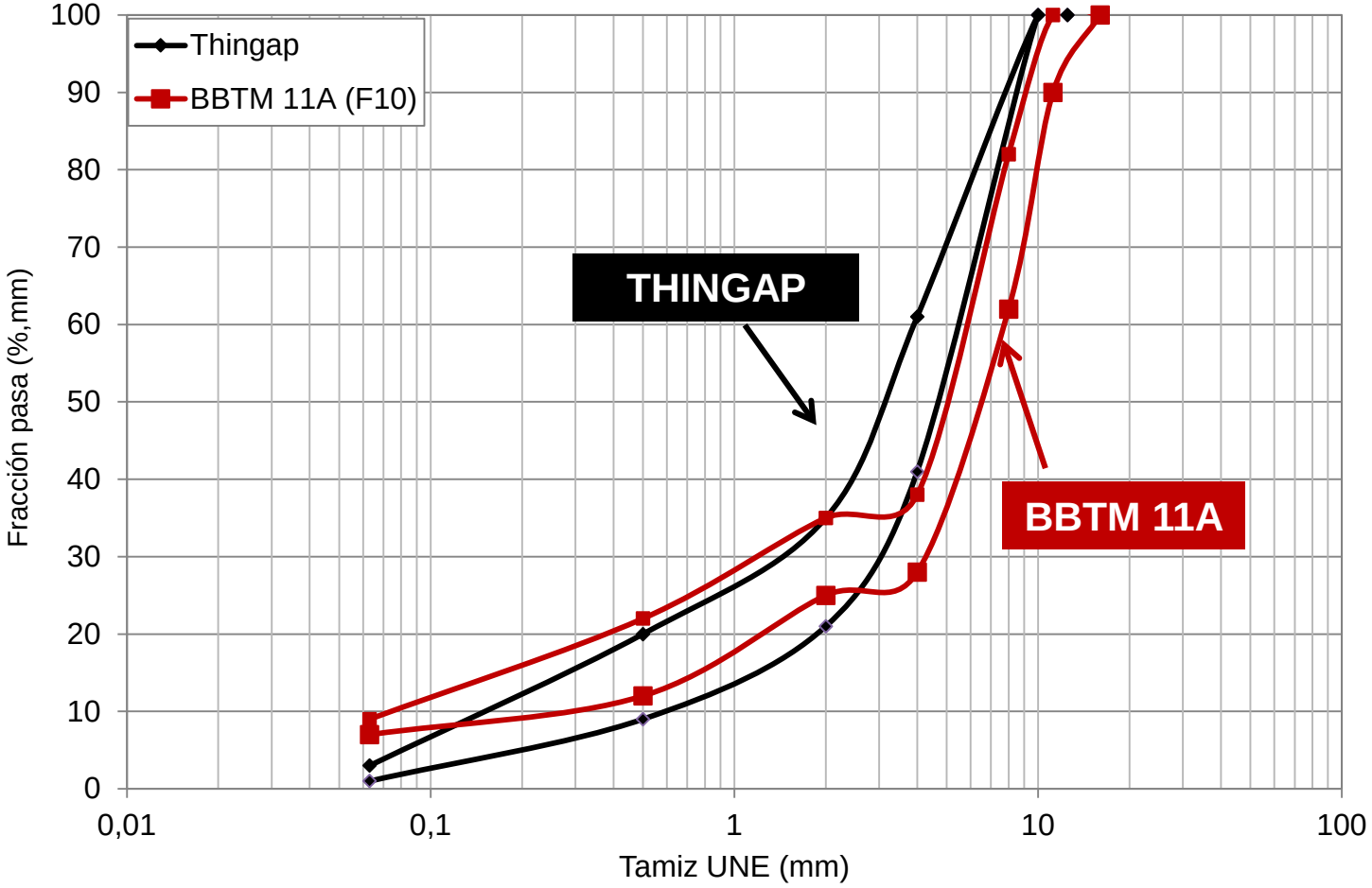
HUSOS GRANULOMÉTRICOS

1. THINGAP
2. AC16 S



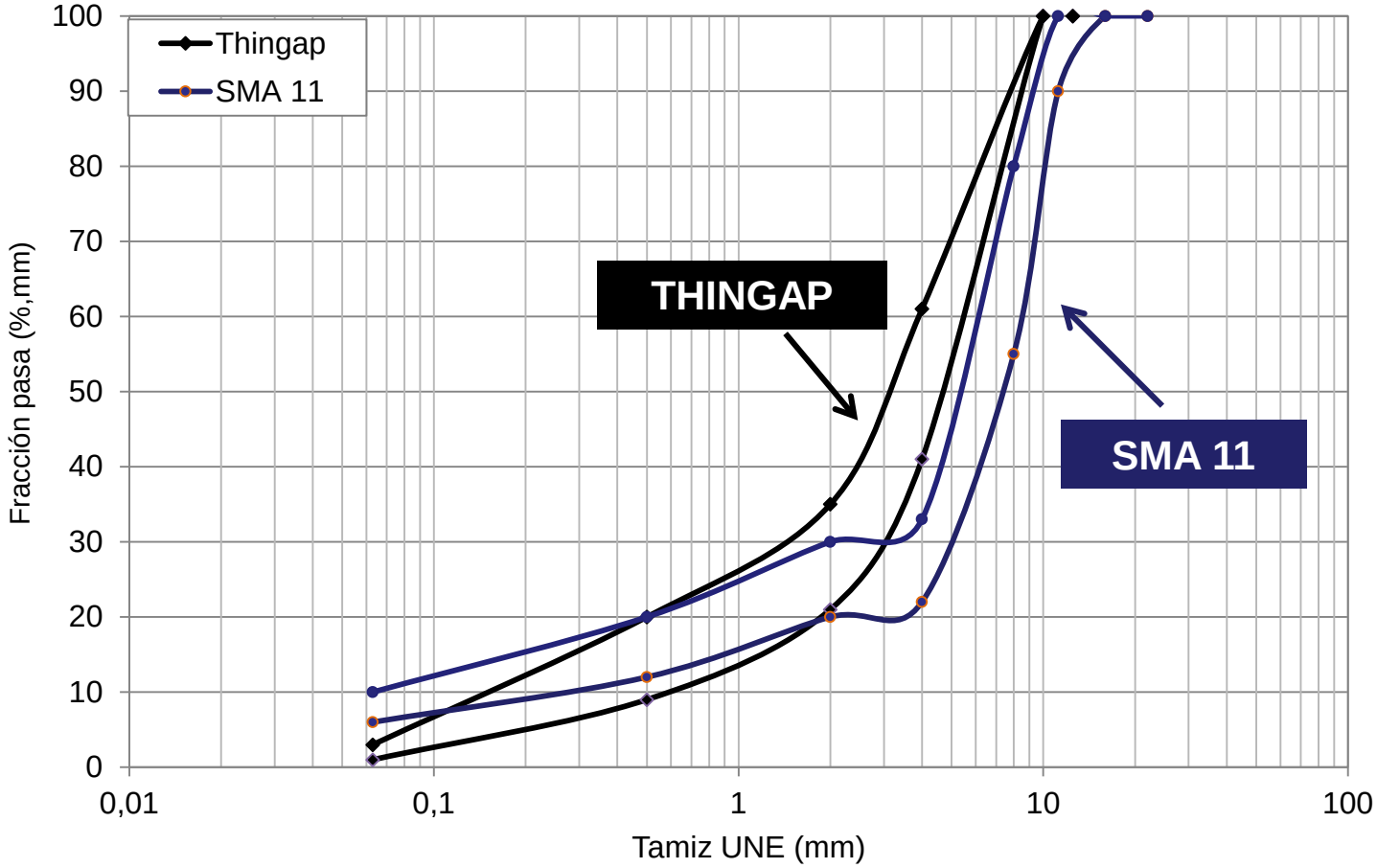
HUSOS GRANULOMÉTRICOS

1. THINGAP
2. BBTMA 11 (F10)



HUSOS GRANULOMÉTRICOS

1. THINGAP
2. SMA 11



FÓRMULAS DE TRABAJO

1. SMA 11
2. Thingap

Propiedades	Unidad	SMA 11			Thingap
		BMAVC-1	PMB 45/80-65C	PMB 45/80-65	50/70 + RAR
b/m	%	7.5	5.8	5.7	10.5
Caucho/m	%	1.5	0,58	0	4.2
Bnuevo/m	%	6	5.22	5,7	6.3
Densidad aparente, ssd	g/cm^3	2.285	2.300	2.365	2.218
Densidad máxima	g/cm^3	2.429	2.470	2.464	2.315
Vm	%	5.9	6.2	4.02	4.2
VMA	%	22.6	-	17.0	26.8
Estabilidad Marshall	kN	11.9	12.50	-	9.9
Deformación Marshall	mm	4.6	2.9	-	5.4
Escurrimiento	%	-	-	0.25	-
RC (ITSR)	%	97	92	96	88
Inclinación media de la rodada para 10^3 ciclos, WTS aire.	$mm/10^3$	0.11	0.065	0.033	0.09
Profundidad proporcional media del surco a los 10^4 ciclos de carga, PRD_{AIRE}.	%	6.3	-	3.51	6.1

CONTROL DE CALIDAD

1. Extracción de betún por evaporador rotatorio, según EN 12697-3
2. Resultados de muestras

Propiedades	Unidad	SMA 11			Thingap
		BMAVC-1	PMB 45/80-65C	PMB 45/80-65	50/70 + RAR
Betún sobre mezcla (s/m)	%	5.99	4.99	5.47	7.09%
Betún sobre árido (s/a)	%	6.37	5,3	5.78	7.63%
Densidad aparente, ssd	g/cm^3	2.367	2.355	2.358	2.236
Huecos en mezcla (Vm)	%	5.80	5.27	4.88	5.89
Módulo 20°C	MPa	6099	6993	3720	4292
ITSseco	MPa	2.14	2.34	2.43	1.52
RC (ITSR)	%	97.2	90.3	90.7	90.1

CONTROL DE CALIDAD

1. Macrotextura

Propiedades	Unidad	SMA 11			Thingap 9.5	AC16 D
		BMAVC-1	PMB 45/80-65C	PMB 45/80-65	50/70 + RAR	Referencia
Macrotextura	mm	1.5	1.6	1.8	1.2	-

TEXTURAS DE MEZCLAS

SMA 11 BMAVC - 1

SMA 11 PMB 45 80/65 C

SMA 11 convencional

THINGAP RAR X

NIVEL DE PRESIÓN SONORA CPX @ 50 km/ h

TRAMO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA dB (A)
REFERENCIA	94
SMA 11 BMAVC-1	92.4
SMA 11 PMB 45/80-65C	90.3
SMA 11 CONVENCIONAL	92.3
THINGAP RARx	89.8

Acrónimo: SILENT RUBBER PAVE

Convocatoria: H2020- FTIPilot-2016 (Fast Track Innovation Pilot)

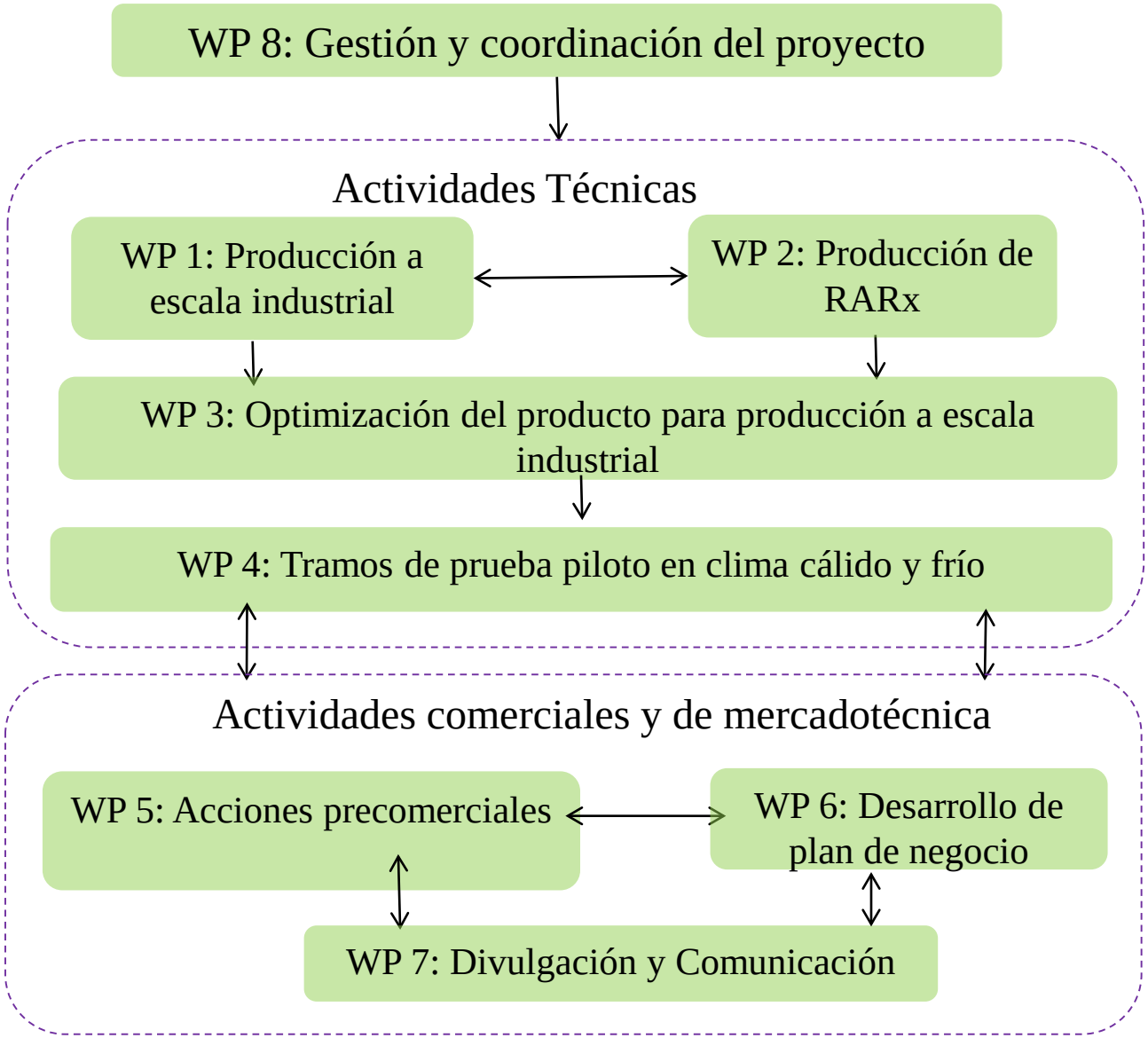
Tema: FTIPilot-01-2016

Tipo de acción: IA (Innovation action)

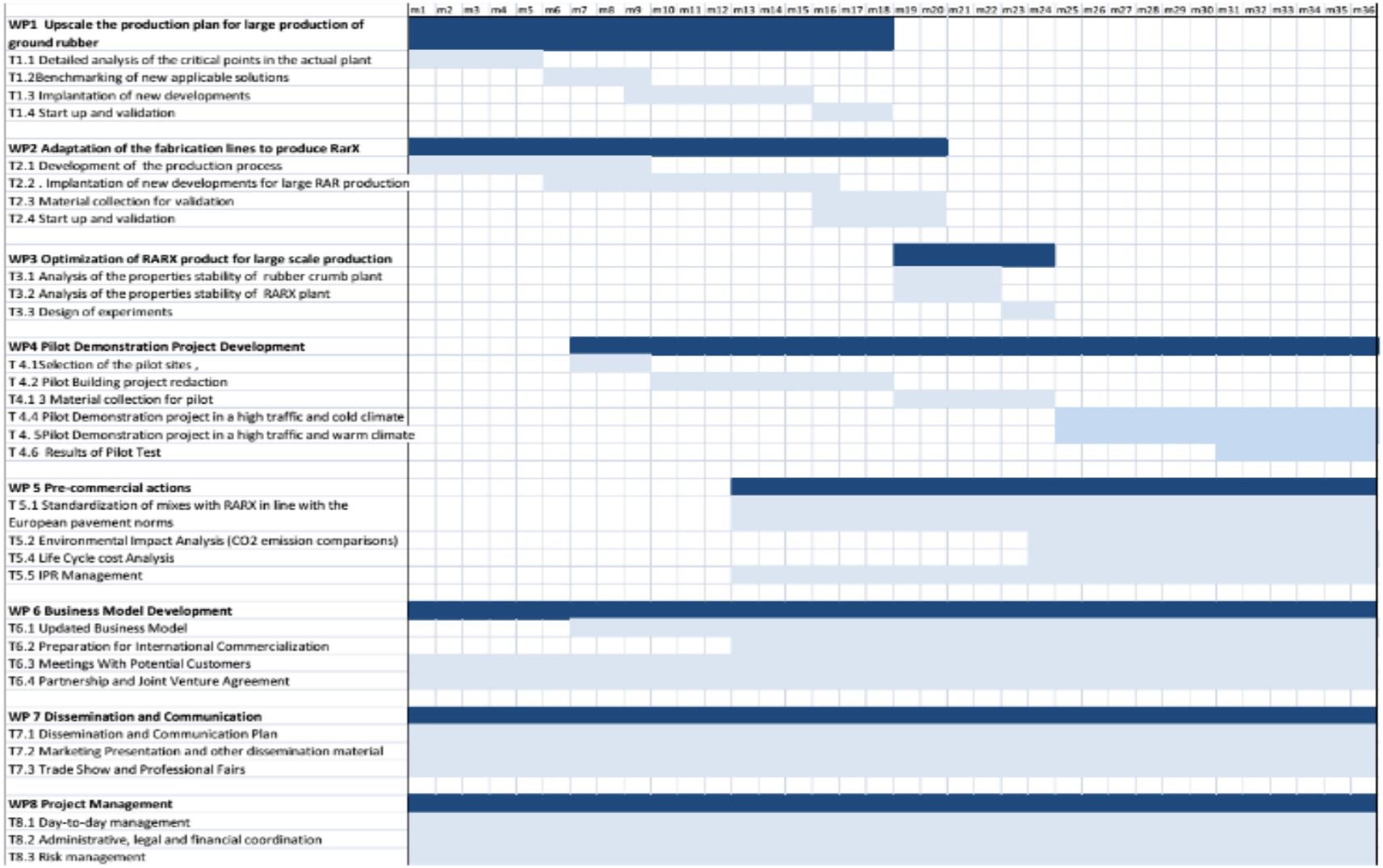
Numero de propuesta: 760564

RAR X™ Silent Rubber Pave

	Nombre legal del participante	País	Presupuesto (€)
1	Valoriza Servicios Medioambientales, S.A.	España	1.137.375
2	Composan Industrial y Tecnnología, S.L	España	832.188
3	Consulpav- Consultores e Projectistas de pavimentos, LDA.	Portugal	264.531
4	Sacyr Construcción SA	España	519.063
5	FHL Group S.R.L	Italia	163.000
	Total		2.916.157


WP 8: Gestión y coordinación del proyecto
Actividades Técnicas
WP 1: Producción a escala industrial
WP 2: Producción de RARx
WP 3: Optimización del producto para producción a escala industrial
WP 4: Tramos de prueba piloto en clima cálido y frío
Actividades comerciales y de mercadotécnica
WP 5: Acciones precomerciales
WP 6: Desarrollo de plan de negocio
WP 7: Divulgación y Comunicación

Inicio: Abril 2017. Fin: Abril 2019



I+D de Nuevos Pavimentos Sostenibles de Altas Prestaciones Mecánicas y Acústicas mediante el Reciclado por Vía Húmeda de Altos Contenidos de Neumáticos Fuera de Uso (NFU) y Residuos Plásticos

Dictuc

Universidad de Huelva - UHU

Universidad Politécnica de Madrid - UPM

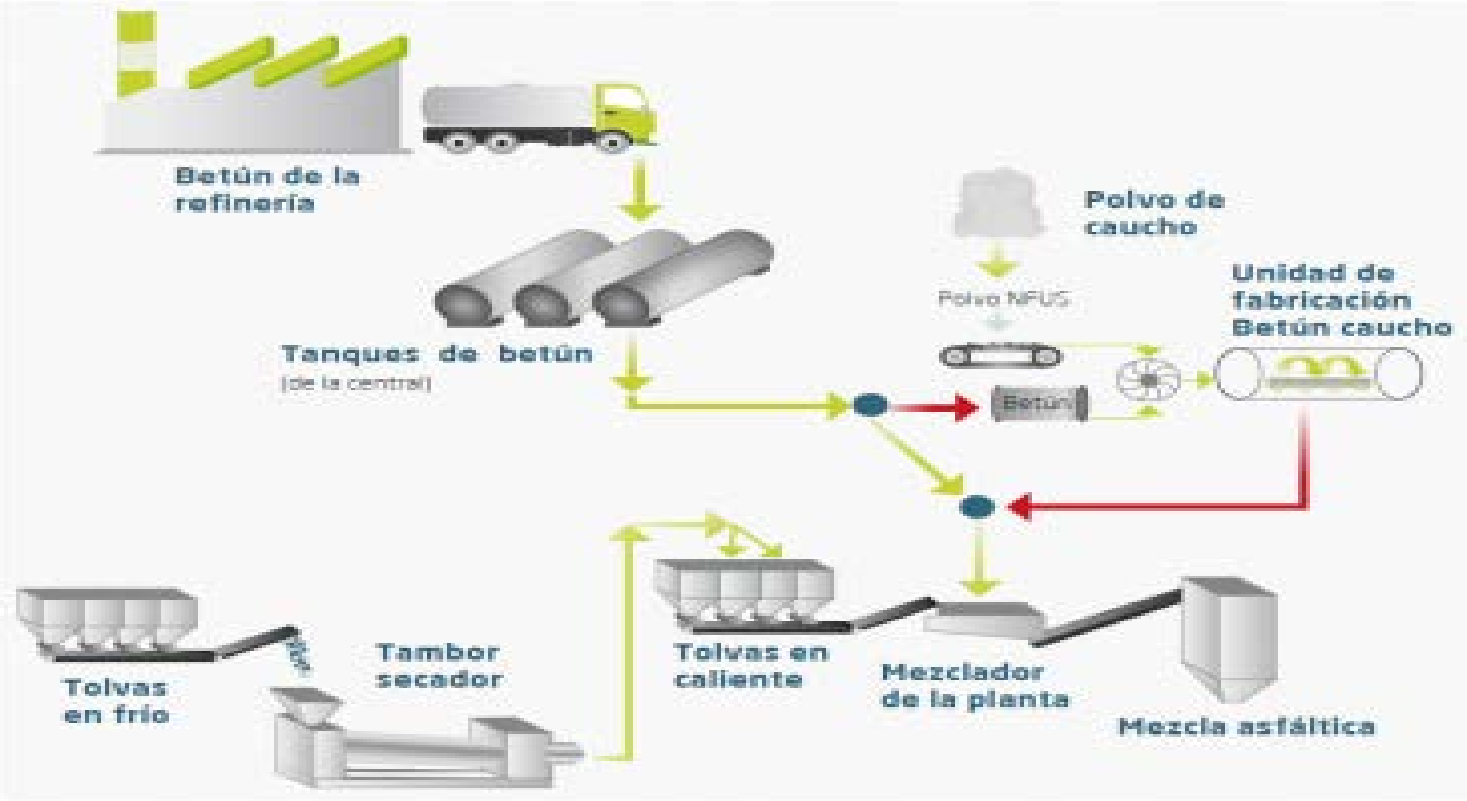
SUBPROYECTO 1
(Línea: I+D Aplicada)

DISEÑO Y DESARROLLO DE BETUNES MODIFICADOS DE ALTAS PRESTACIONES A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE POLÍMEROS RECICLADOS DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO Y PLÁSTICOS INDUSTRIALES

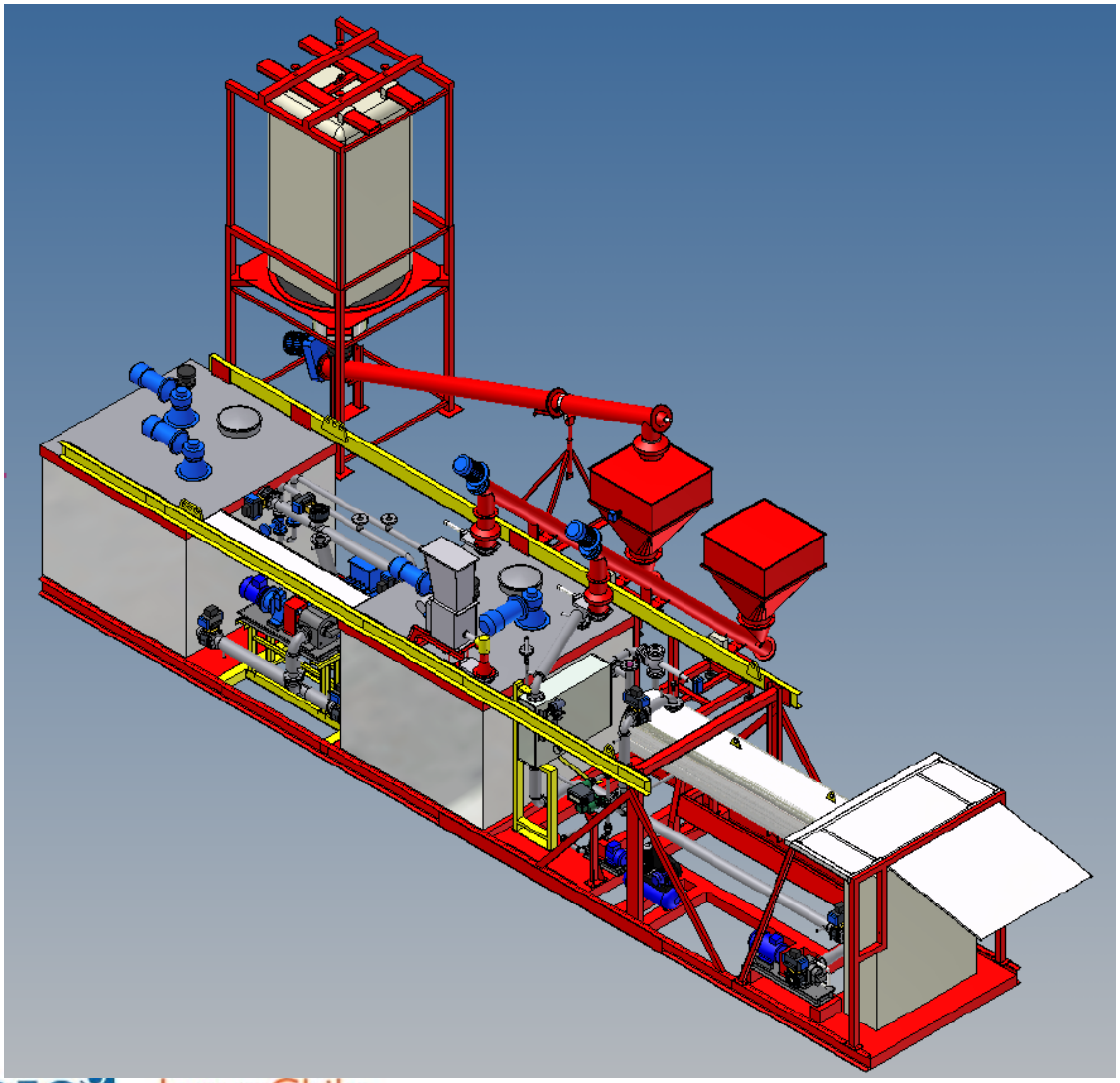
SUBPROYECTO 2
(Línea: PROTOTIPOS)

DISEÑO DE UNA PLANTA PROTOTIPO DE FABRICACIÓN DE BETUNES MODIFICADOS DE ALTAS PRESTACIONES CON POLÍMEROS RECICLADOS

Proceso de fabricación de mezclas con nfu (vía húmeda)



Unidad de fabricación con mezclador y tanque digestor



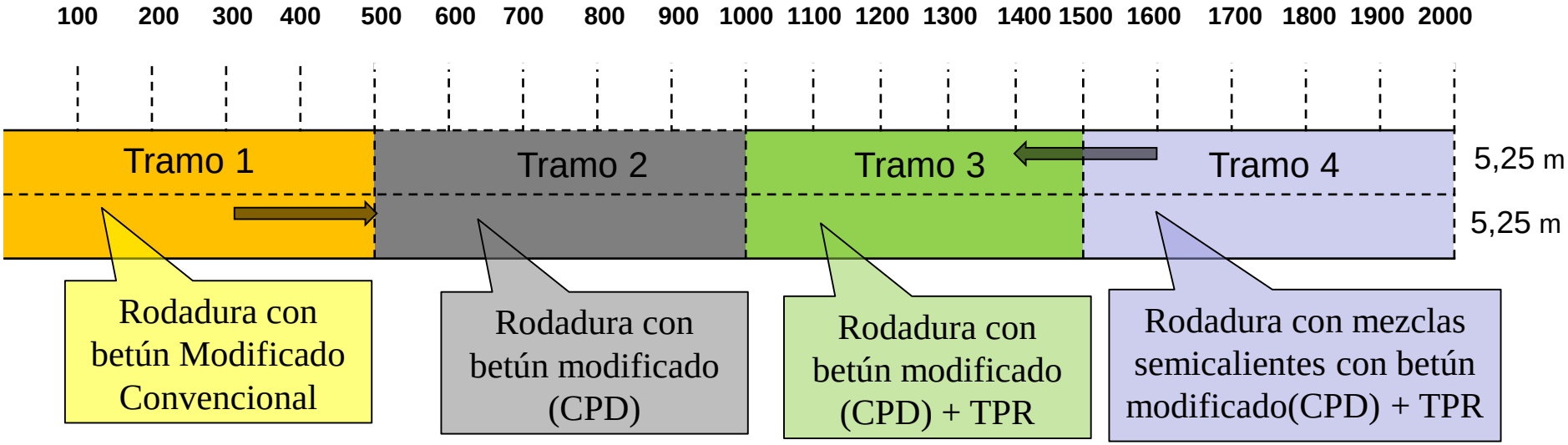
SUBPROYECTO 3
(Línea: I+D Aplicada)

DISEÑO EN LABORATORIO DE MEZCLAS DE ALTAS PRESTACIONES MECÁNICAS Y ACÚSTICAS MEDIANTE BETUNES MODIFICADOS CON POLÍMEROS RECICLADOS

SUBPROYECTO 4
(Línea: Validación y Empaquetamiento)

VALIDACIÓN DE BETUNES MODIFICADOS, PLANTA PROTOTIPO Y MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS SOSTENIBLES DE ALTAS PRESTACIONES MECÁNICAS Y ACÚSTICAS MEDIANTE EL RECICLADO POR VÍA HÚMEDA DE ALTOS CONTENIDOS DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU) Y RESIDUOS PLÁSTICOS

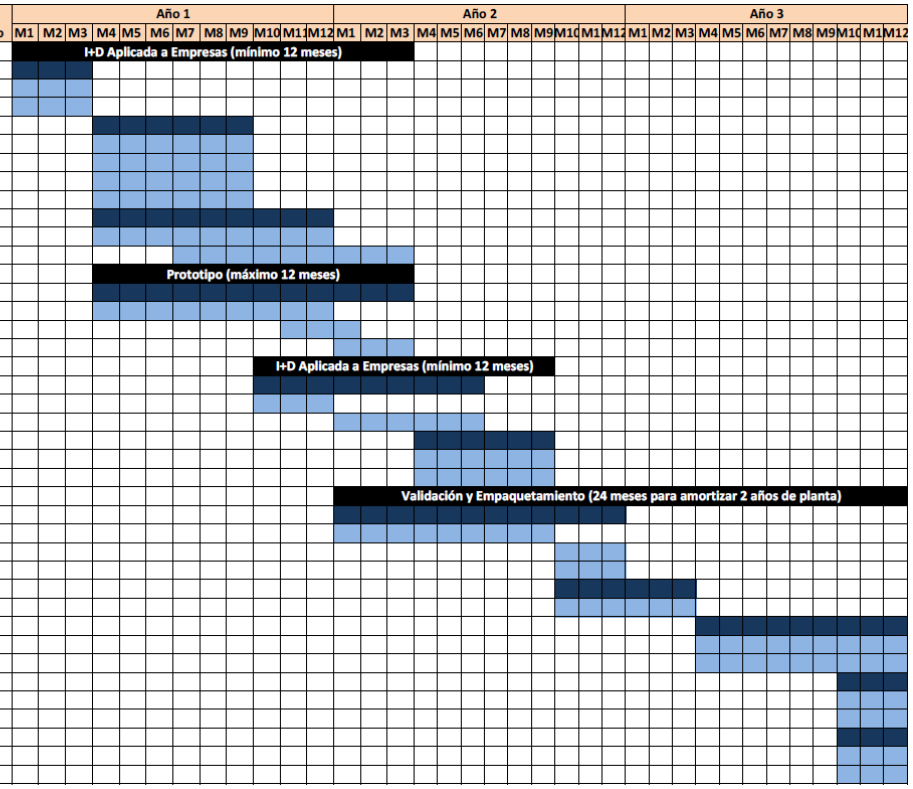
Tramo de ensayo



Nota: Base granular según diseño de bases de contrato
Capa intermedia según diseño de bases de contrato
Número de pistas a definir según geométrica de sección transversal de diseño
CPD: Caucho Parcialmente Desvulcanizado
TPR: Termo-Plástico Reciclado
Las dimensiones de dichos tramos serán de 10,5 m de ancho y 500 m de longitud

Cronograma/Presupuesto

N° Actividad	Nombre Actividad	Fecha Inicio	Fecha Término
SUBPROYECTO 1			
1.1	**Caracterización de materias primas**	M1	M3
1.1.1.	Caracterización de betunes sin modificar o betunes base de partida	M1	M3
1.1.2.	Caracterización de polímeros y aditivos	M1	M3
1.2	**Diseño de betunes de referencia**	M4	M9
1.2.1	Betún modificado con SBS	M4	M9
1.2.2	Betun modificado con goma vulcanizada	M4	M9
1.2.3	Betun modificado con termoplástico	M4	M9
1.2.4	Betun modificado con caucho comercial desvulcanizado	M4	M9
1.3	**Diseño de betunes modificados**	M4	M12
1.3.1	Diseño de betunes modificados con CPD	M4	M12
1.3.2	Diseño de betunes modificados híbridos (CPD/TPR/Aditivos)	M7	M15
SUBPROYECTO 2			
2.1	**Diseño de una planta prototipo de fabricación de betunes modificados con polímeros reciclados**	M4	M15
2.1.1	Diseño del prototipo	M4	M9
2.1.2	Protocolo de fabricación	M7	M15
2.1.3	Acoplamiento a la planta de fabricación de mezclas asfalticas convencionales	M10	M15
SUBPROYECTO 3			
3.1	**Diseño de mezclas bituminosas con betunes modificados**	M10	M18
3.1.1	Caracterización de áridos y ligantes	M10	M15
3.1.2	Formulación de mezclas en laboratorio y definición de protocolo de fabricación de las mezclas a escala real	M13	M18
3.2	**Análisis del comportamiento de las nuevas mezclas a largo plazo en laboratorio**	M16	M21
3.2.1	Caracterización acústica de las mezclas	M16	M21
3.2.2	Comportamiento mecánico de las mezclas	M16	M21
SUBPROYECTO 4			
4.1	**Validación de protocolos de fabricación de betunes modificados y mezclas sonoreductoras a escala real**	M13	M24
4.1.1	Construcción del prototipo y adaptación a la planta de fabricación de mezclas	M13	M21
4.1.2	Ajuste del prototipo de fabricación de betunes modificados	M19	M24
4.1.3	Ajuste del protocolo de fabricación de las mezclas sonoreductoras	M19	M24
4.2	**Fabricación y puesta en obra de las mezclas del tramo de pruebas**	M22	M27
4.2.1	Fabricación y puesta en obra de las mezclas del tramo de pruebas	M22	M27
4.3	**Caracterización acústica, mecánica y auscultación de las mezclas fabricadas**	M23	M31
4.3.1	Caracterización acústica de las mezclas fabricadas	M23	M28
4.3.2	Caracterización mecánica y auscultación de las mezclas fabricadas	M25	M30
4.4	**Analisis medioambiental, social y económico de las mezclas desarrolladas en el proyecto**		
4.4.1	Análisis del Ciclo de Vida (ACV)		
4.4.2	Análisis de los Costes del Ciclo de Vida (ACCV)		
4.5	**Conclusiones**	M31	M36
4.5.1	Elaboración de informes de ejecución	M31	M33
4.5.2	Recomendaciones de diseño	M34	M36



Presupuesto	Total (€)
Total (€)	**1.363.463**

Gracias por su atención

@aramirezr13

aramirez@sacyr.com

91 545 5651