



# **Antonio Ramírez**

### Director de Innovación y **Conocimiento**



@ramirezr13



aramirez@sacyr.com



Tel. +34 91545 5651



http://www.lifesure.es/

PROYECTO LIFESURE





# LIFESURE. CONSTRUCCIÓN DE LOS TRAMOS DE ENSAYO

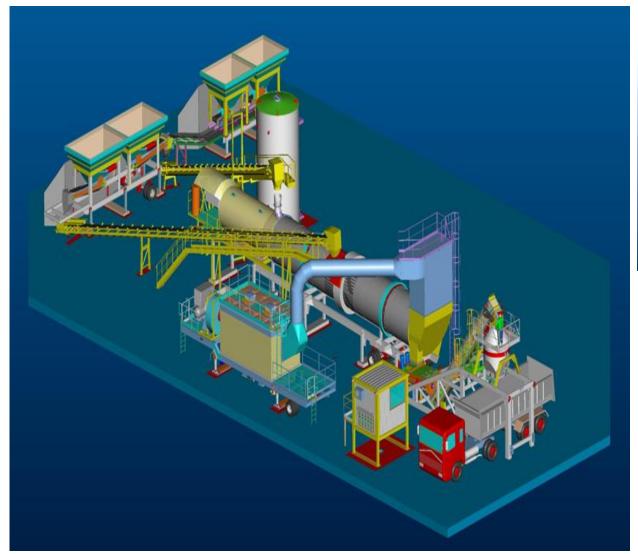
Madrid, 17 de enero 2017



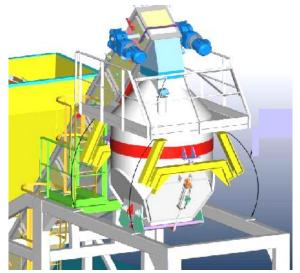




# DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE





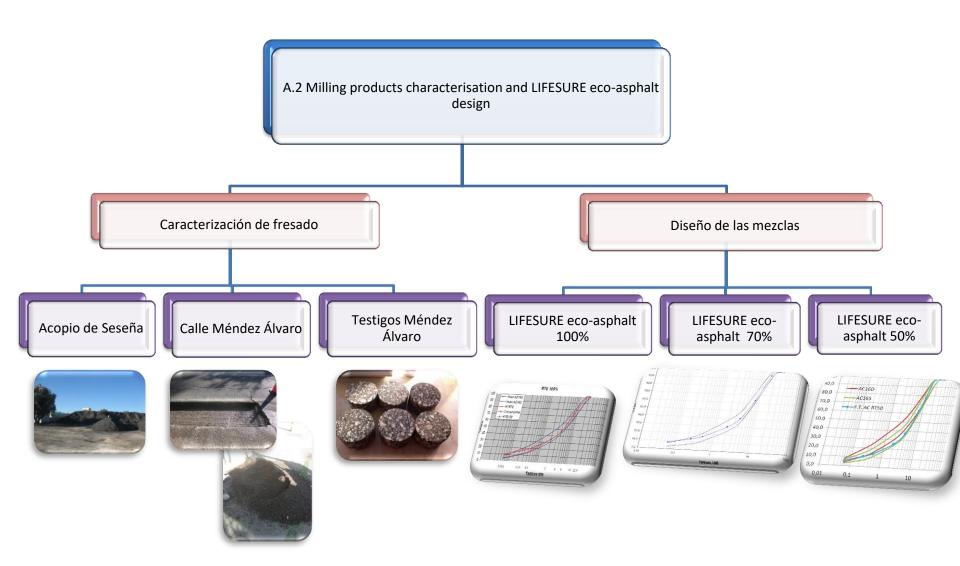


# DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE





### CARACTERIZACÓN DEL MATERIAL FRESADO Y DISEÑO LIFESURE ECO-ASPHALT



### **MATERIAL FRESADO**



#### **PRUEBAS PARA PUESTA A PUNTO**

#### 15-10-2014

**Lifesure eco-asphalt 100%** 65% gruesos-35% finos 2,5% emulsion C67BPF3



Lifesure eco-asphalt 100% 65% gruesos-35% finos 2,5% emulsion C67BPF3



Lifesure eco-asphalt 100% 65% gruesos-35% finos 2,5% emulsion C67B3

#### 30-10-2014

Lifesure eco-asphalt 100% 65% gruesos-35% finos 2,5% emulsion C67B3



Pruebas calentamiento RAP Amasada en negro Taponamiento en la amasadora y elevador tablillas



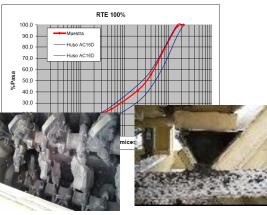
Calibración 0/5 RAP Calibración emulsión Amasada en negro



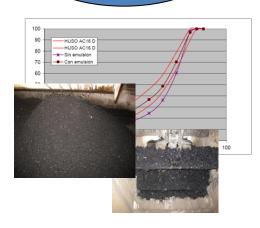
Calibración fracción 0/5 RAP Calibración fracción 5/25 RAP Amasada en negro Calibración de Temperaturas

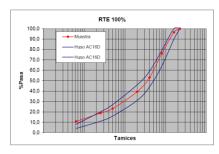


Calibración fracción 0/5 RAP Calibración fracción 5/25 RAP Amasada en negro Calibración de Temperaturas



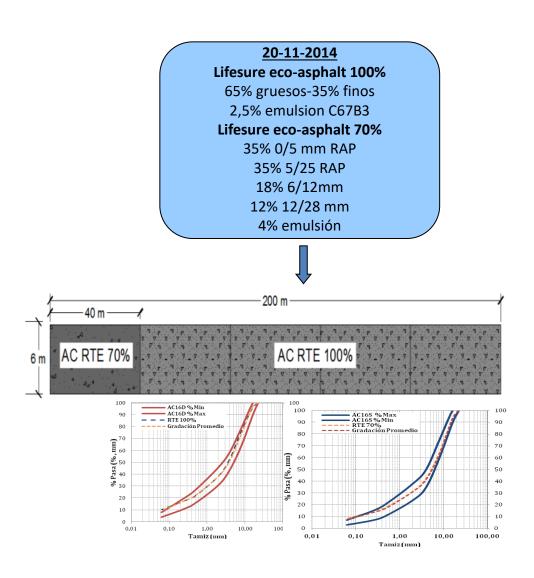




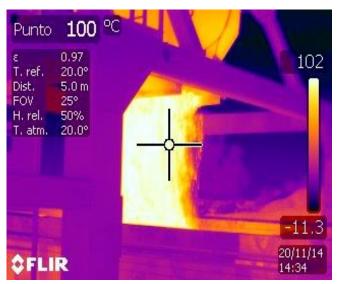


#### PRUEBAS PARA PUESTA A PUNTO. TRAMO DE PRUEBA 1: SESEÑA

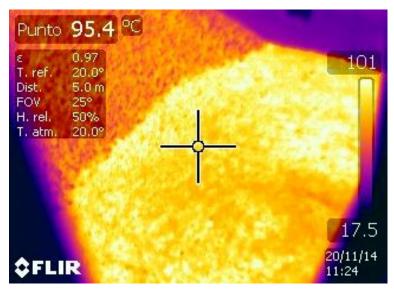
### 05-11-2014 Lifesure eco-asphalt 100% 65% gruesos-35% finos 2,5% emulsion C67B3 Lifesure eco-asphalt 70% 35% 0/5 mm RAP 35% 5/25 RAP 18% 6/12mm 12% 12/28 mm 3,9% emulsión Amasada en negro Calibraciones de temperatura Calibración dosificación emulsión HUSO DE RTE 70% Y 100%



### TRAMO DE PRUEBA 1: SESEÑA 20-11-2014









## TRAMO DE PRUEBA 1: SESEÑA 20-11-2014









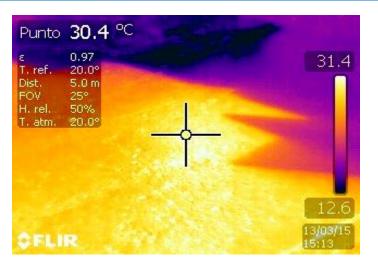




#### TRAMO DE PRUEBA 2: PLANTA DE ASFALTOS VICÁLVARO. 13-3-2015

- •Temperatura 18°C
- •Tiempo de espera de los camiones: 30 min
- Viento: 20 km/h
- •2 carriles de 3m de ancho
- •Espesor de 5 a 8 cm
- •Neumáticos: 19.240 kg CORINSA CCM1221
- Tándem: Dynapac CC424HF
- Extendedora: TITAN 423
- •Ciclo compactación: extendendora a 2,5 m/min y frecuencia del tamper a 8-9 sobre 10. Tándem (2-3 PD con frecuencia y amplitud vibración bajas) + 3-4 PD de neumáticos.

#### TRAMO DE PRUEBA 2: PLANTA DE ASFALTOS VICÁLVARO. 13-3-2015





Termografía de la capa subyacente, previo extendido





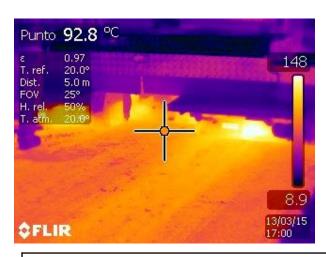
Termografía de la temperatura de la regla extendedora, previo extendido

#### TRAMO DE PRUEBA 2: PLANTA DE ASFALTOS VICÁLVARO. 13-3-2015





Termografía de la mezcla salida de extendedora. Camión 1. 90ºC





Termografía de la mezcla salida de extendedora. Camión 3. 92,8°C

### PISTA DE ENSAYOS DEL CEDEX. JUNIO 2015





### **PISTA DE ENSAYOS DEL CEDEX. JUNIO 2015**

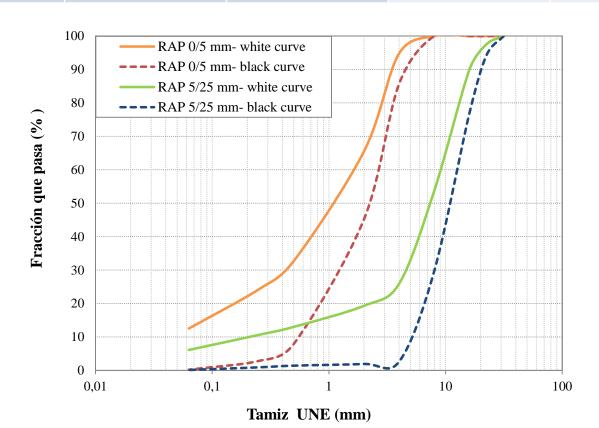






### PISTA DE ENSAYOS DEL CEDEX. CARACTERÍSTICAS DEL RAP

	Contenido de ligante (%) (EN 12697-1)		-	el ligante para su n (EN 12697-4)
Fracción de RAP	% betún/mezcla	% betún/árido	Penetración a 25°C (dmm)	A&B (°C)
0/5	7.67	8.31		
5/25	3.39	3.51	10	81.8



### PISTA DE ENSAYOS DEL CEDEX. ÁRIDOS DE APORTACIÓN

M	étodo de ensayo	Á	ridos silíceo	os	Calizo
141			12/18 mm	0/5 mm	0/5 mm
Determinación	de la forma de las partículas.				
Índice de lajas	(%) (EN 933-3)	10.5	7.4	-	-
Determina	ción del porcentaje de caras de				
fractur	a de las partículas de árido	100	98. 9	-	-
g	rueso,(%)(EN 993-5)				
Evaluación de los finos. Ensayo del					
equivale	nte de arena (EN 933-8) (%)	-	-	59	54
Azul	de metileno (EN 933-9)	-	-	-	1.0
Limpieza sı	perficial del árido grueso (EN	0.36	0.29	_	_
	146130 Anexo C)	0.50	0.29		
Determi	nación de la resistencia a la				
,	n por el método de ensayo de Los	20	20	_	_
Ángeles,(%)(EN 1097- 2)			_~		
Densidad	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )				
relativa y		2.675	2.649	2.637	2.672
absorción	Absorción de agua tras				
de agua (EN 1097-6)	inmersión (%)	0.7	0.5	2.3	2.4

### PISTA DE ENSAYOS DEL CEDEX. C67B3 RECITEMP

Características	Unidad	Método de ensayo	Especificación	Clase	
Polaridad de las partículas	-	(EN 1430-2009)	Positivo	-	
Valor a rotura	-	(EN 13075-1)	70 a 155	3	
Contenido en ligante (a partir del contenido en agua)	% en masa	(EN 1428-2012)	63 a 67	7	
Contenido en ligante (por destilación)	% en masa	(EN 1431-2009)	≥63	7	
Contenido en fluidificante por destilación	% en masa	(UNE EN 1431-2009)	≤2,0	2	
Tiempo de fluencia, 4mm a 40°C	S	(EN 12847-2009)	15 a 70	3	
Residuo de tamizado, tamiz 0,5 mm	% en masa	(EN 1429-2013)	≤0,1	2	
Tendencia a la sedimentación	% en masa	(EN 12847-2009)	≤10	3	
Adhesividad	% en masa	(EN 13614-2011)	≥90	3	
Métod	lo de Recupe	ración: Por evaporaci	ón (EN 13074-1)		
Penetración a 25°C	0,1mm	(EN 1426-2007)	≤100	3	
A&B	°C	(EN 1427-2007)	≥35	8	
Ligante estabilizado p	Ligante estabilizado por evaporación EN 13074-1 y sometido a estabilización EN 13074-				
Penetración a 25°C	0,1mm	(EN 1426-2007)	DV	1	
A&B	°C	(EN 1427-2007)	DV	1	

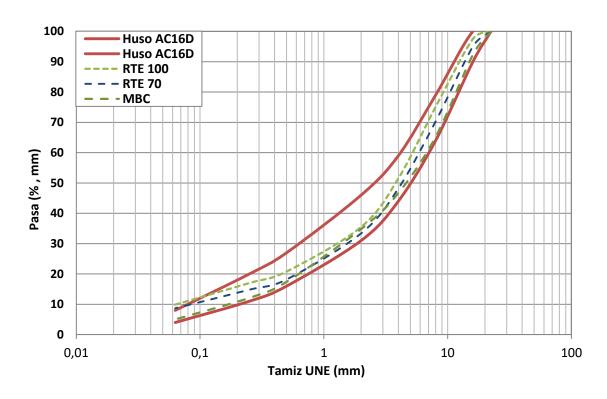
### PISTA DE ENSAYOS DEL CEDEX. JUNIO 2015

	Fracción	Composición (%)		
Materiales	mm	RTE 70% RAP	RTE 100% RAP	
RAP	0/5	35	30	
RAP	5/25	35	70	
Á ridos vínganos	6/12	18	-	
Áridos vírgenes	12/18	12	-	
Emulsión		4.0%	2.5%	

MEZCLA	Áridos vírgenes	Fracción (mm)	Composición
			(%)
	Silíceo	0/5	36
AC16D	Calizo	0/5	25
	Silíceo	5/12	29
Silíceo		12/18	10
		Betún 35/50	5

### **PISTA DE ENSAYOS DEL CEDEX**

Tamices	RTE100	RTE70	Convencional	Huso AC16D	
22,4	100	100,0	100,0	100	100
16	97,5	95,0	92,3	90	100
8	75,1	70,3	65,2	64	79
4	51,5	48,2	46,7	44	59
2	35,5	33,4	34,8	31	46
0,5	20,8	18,2	17,4	16	27
0,25	17	14,8	12,1	11	20
0,063	9,9	8,7	5,0	4	8
B s/m	5,66	5,93	4,59		
B s/a	5,99	6,33	4,81		



#### **RESULTADOS DE PROBETAS**

#### DETERMINACIÓN DENSIDAD MÁXIMA, CONTENIDO HUECOS Y MÓDULO

Método de compactación: Giratorio

Realizando el ensayo UNE-EN 12697-5 (procedimiento A), el ensayo UNE-EN 12697-6

procedimiento B, se determina el contenido de huecos según UNE-EN 12697-8

Tipo de Mezcla	RTE 100%	RTE 70%	Convencional
Giros	65	90	75 Golpes*
Temperatura de compactación ºC	70	70	150
% betún total/Áridos	5,99	6,33	4,81
% betún total/Mezcla	5,66	5,93	4,59
Densidad máx.	2,440	2,433	2,460
Densidad SSS	2,325	2,315	2,341
Altura mm	65,3	65,5	61,3
%VM	4,71	4,85	4,84
Módulo 20ºC (MPa)	6733	5226	7600
% ITSR	89,8	88,3	95,8

<sup>\*</sup> La mezcla convencional se ha compactado con el compactador de impacto (75 golpes por cara) Según UNE-EN 12697-30

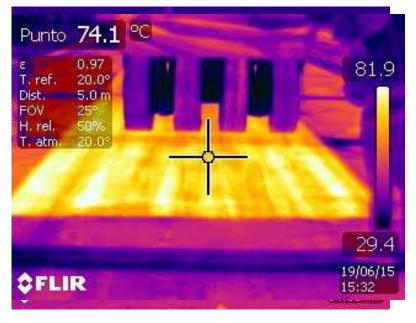
### **ENSAYO DE RODADURA UNE EN 12697-22**

Nº Probeta	RTE 100%	RTE 70%	Convencional
Densidad probeta (g/cm³)	2,285	2,315	2,316
Deformación 5.000 ciclos (mm), RD Aire	0,73	1,97	2,25
Deformación 5.000 ciclos (mm), RD Aire	1,14	2,41	2,54
Pendiente de deformación en pista, WTS aire (mm/10.000 ciclos)	0,082	0,088	0,058
Profundidad Media surco, PRD Aire (%)	1,9	3,8	4,2

#### **TERMOGRAFIAS DEL CEDEX**







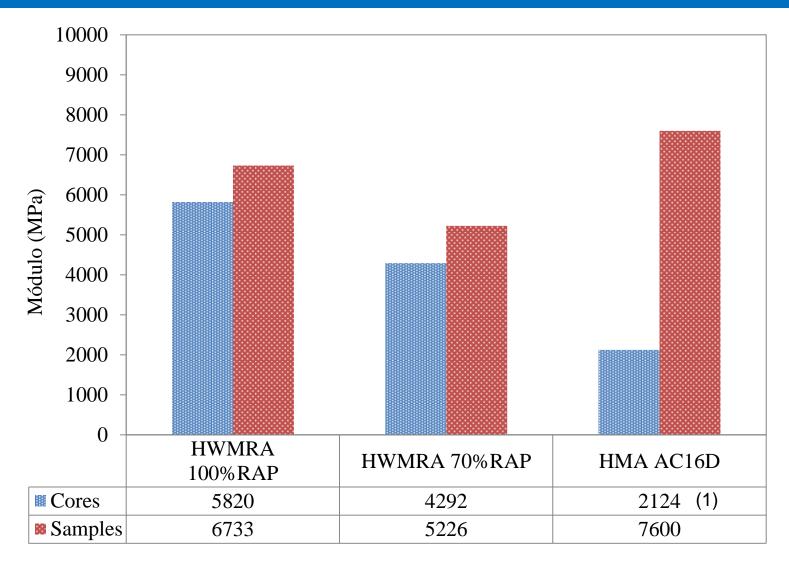


### **RESULTADOS DE TESTIGOS**

### **Propiedades Mecánicas - Volumétricas**

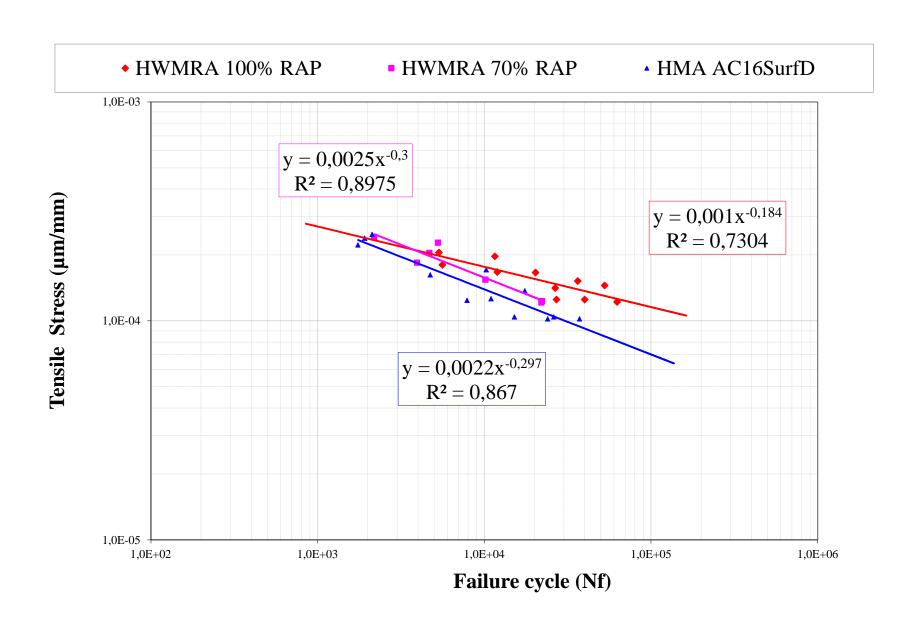
Nº Testigo	RTE 100%	RTE 70%	MBC
Densidad sss gr/cm <sup>3</sup>	2,306	2,280	2,305
Espesor mm	63	64	63
Módulo 20°C MPa	5820	4292	2124
% VM	5,5	6,3	6,3
% Compactación	99,2	98,5	99,0

#### **RESULTADOS DE TESTIGOS**



(1) Testigos extraídos a las 24 horas

#### **COMPORTAMIENTO FRENTE A FATIGA DE LOS TESTIGOS**



### CARACTERIZACIÓN DEL LIGANTE RECUPERADO

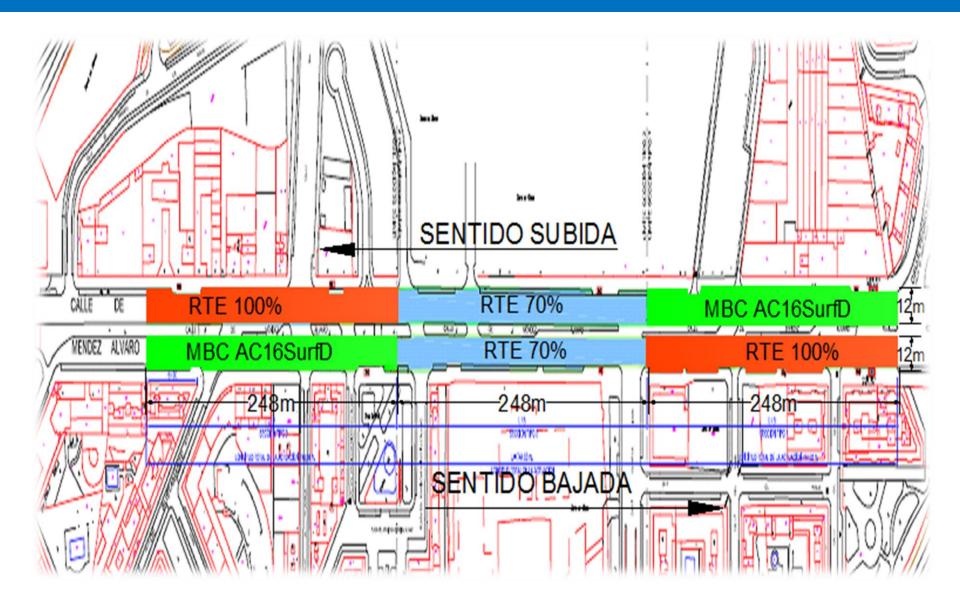
	RTE 100 SE	RTE 70 SE
Penetración, 1/10 mm	12	14
Anillo y bola, °C	75	70,7
Fraass, °C	0	-3
% Asfaltenos	25,4	26,6
IP	0,6	0,3
Densid. máxima, kg/m³	2461	2475

Fuente: CEDEX

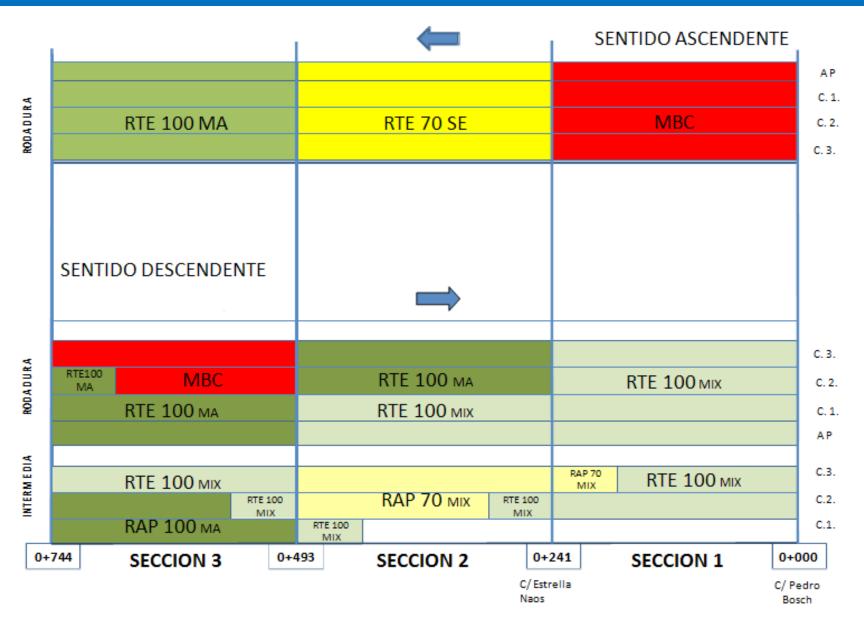
# MÉNDEZ ÁLVARO



### **PLANO**



## **ESQUEMA FINAL MÉNDEZ ÁLVARO**



# GRANULOMETRÍA DE LOS TESTIGOS

	TESTIGOS MÉNDEZ ÁLVARO						
Tamices	Carril Izdo.	Carril Dcho.	Carril Izdo.	Carril	Promedio		
UNE (mm)	dirección M30	dirección	Dirección	Dcho.	testigos		
		M30	Atocha	direccción			
				M30			
31,5	100	100	100	100	100		
22,4	99,1	100	100	100	99,8		
16	96,6	96,4	99,7	99,7	97,6		
8	69,8	64,9	77,4	77,4	71,6		
4	48,5	45,6	51,8	51,8	49,1		
2	36	33,0	36,4	36,4	35,2		
0,5	18,9	17,8	19,4	19,4	18,7		
0,25	14,1	13,4	15,0	15	14,2		
0,063	8,5	7,1	8,2	8,7	8,1		
Altura (cm)	9	9	9	9	9		
% B s/m	4,70	4,39	4,76	4,60	4,61		
% B s/a	4,93	4,59	5,0	4,82	4,84		

## LIGANTE RECUPERADO DE RAP

CARACTERÍSTICAS DEL LIGANTE						
Testigos	Ensayo	Unidad	Método	Valor		
Rodadura	Penetración	(0,1mm)	EN1426	16		
intermedia hasta	Reblandecimiento	(°C)	EN1427	72,8		
9cm	A&B					
Rodadura carril	Penetración	(0,1mm)	EN1426	15		
derecho	Reblandecimiento	(°C)	EN1427	74,6		
	A&B					

## CARACTERISTICAS DEL LIGANTE DE RAP



Recuperación del ligante (EN 12697-3)						
Ensayo	Unidad	Norma Méndez Álvaro		Seseña		
Penetración a 25°C	0,1 dmm	UNE EN 1426	12	10		
A&B (°C)	°C	UNE EN 1427	75.2	81,8		

Contenido de ligante EN 12697-1					
	Méndez Álvaro		Seseña		
Fracción	0/5 mm	5/25 mm	0/5 mm	5/25 mm	
% B/m	6.37	3.33	7,67	3,39	
% B/a	6.80	3.44	8,31	3,51	

# Características Áridos

Caracterización de áridos						
Método de ensayo			Áridos Silíceos			
			12/18	0/5	0/5	
		mm	mm	mm	mm	
Determinación de la forma de las partículas Índice de			7,4			
lajas, (%)(EN 933-3)				-	-	
Determinación del porcentaje de caras de fractura de las			98,9	-	-	
partículas de árido grueso,(%)(EN 993-5)						
Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena						
(EN 933-8) (%)			-	59	54	
Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno (EN			-	-	1,0	
933-9) (%)						
Limpieza superficial del árido grueso (EN 146130 Anexo			0,29	-	-	
C)						
Determinación de la resistencia a la fragmentación por el						
método de ensayo de Los Ángeles,(%)(EN 1097- 2)			20	_	_	
Densidad relativa y	Densidad (g/cm³)	2,649	2,637	2,672	2,672	
absorción de agua	Absorción de agua tras	0,5	2,3	2,4	2,4	
(EN 1097-6)	inmersión (%)					

### Características de la emulsión

Características	Unidad	Método de ensayo	Especificación	Clase	
Polaridad de las partículas	-	(EN 1430-2009)	Positivo	-	
Valor a rotura	-	(EN 13075-1)	70 a 155	3	
Contenido en ligante (a partir del contenido en agua)	% en masa	(EN 1428-2012)	63 a 67	7	
Contenido en ligante (por destilación)	% en masa	(EN 1431-2009)	≥63	7	
Contenido en fluidificante por destilación	% en masa	(UNE EN 1431- 2009)	≤2,0	2	
Tiempo de fluencia, 4mm a 40°C	S	(EN 12847-2009)	15 a 70	3	
Residuo de tamizado, tamiz 0,5 mm	% en masa	(EN 1429-2013)	≤0,1	2	
Tendencia a la sedimentación	% en masa	(EN 12847-2009)	≤10	3	
Adhesividad	% en masa	(EN 13614-2011)	≥90	3	
Método de Recuperación: Por evaporación (EN 13074-1)					
Penetración a 25°C	0,1mm	(EN 1426-2007)	≤100	3	
A&B (°C)	°C	(EN 1427-2007)	≥35	<b>8</b> 35	

### Caracterización del betún de MBC AC16 D

Propiedades	Unidad	Método de	Valor
		ensayo	
Penetración a 25°C	dmm	UNE EN 1426	42
A&B (°C)	°C	UN EN 1427	55,6
Índice de penetración	-	Anexo A	-0,33
Densidad relativa	g/cm <sup>3</sup>	NLT -122	1,03

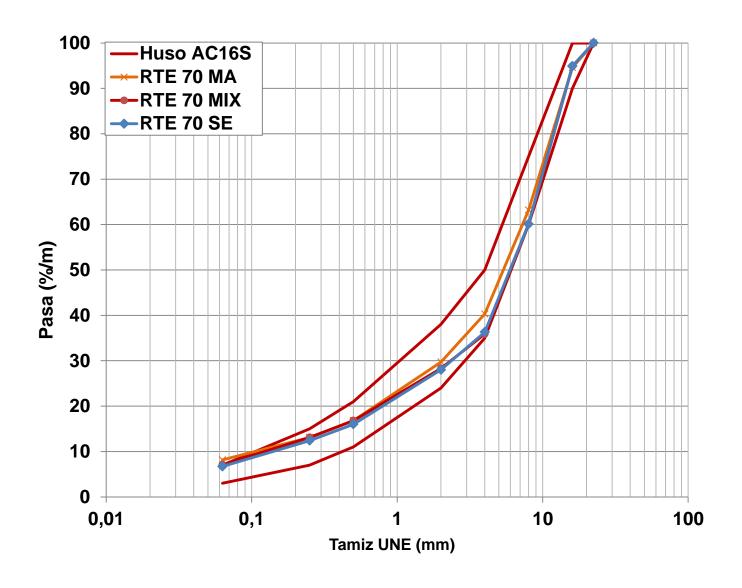
# **DOSIFICACIÓN**

Dosificación									
Materiales	Fracción	Acopio	% de Composición						
	mm		RTE 100 MA	RTE 70 MA	AC16D SURF	RTE 100 MIX	RTE 70 MIX	RTE 70 SE	
Fresado	0/5	MA	20%	22	ı	33	28	-	
	0/3	SE	-	-	ı	ı	-	28	
	5/25	MA	80%	48	ı	-	-	-	
	3/23	SE	-	-	-	67	42	42	
	12/18	SE	-	15	10	-	10	10	
Áridos de	6/12	SE	-	15	29	-	20	20	
aportación	0/5 sílice	SE	-	-	37	-	-	-	
	0/5 caliza	SE	-	-	25	-	-	-	
%	% b/a viejo			3,1	0	4,2	3,1	3,1	
% em	% emulsión/betún			4,1	5	2,5	3,75	3,75	
% b/a final			5,8	5,9	5	5,9	5,6	5,6	

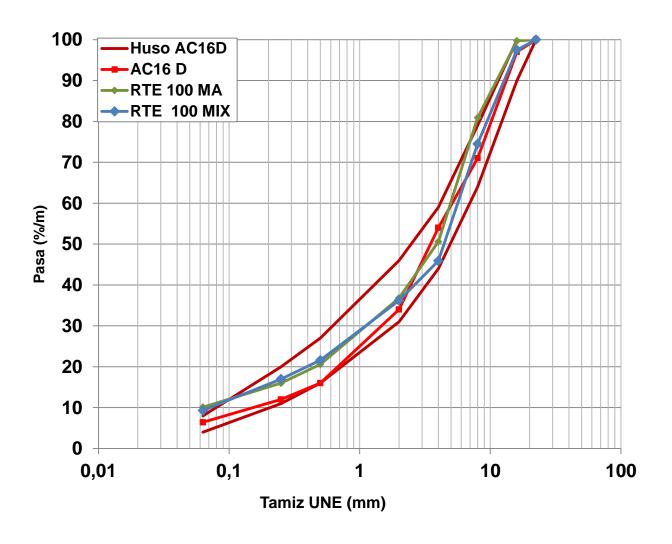
#### **Curvas Granulométricas**

Curvas granulométricas										
Tamices UNE	RTE R	RTE	AC16D	RTE	RTE 70 MIX	RTE 70 SE	Huso AC16D		Huso AC16S	
(mm)	100 MA	70 MA	SURF	100 MIX			Mín	Máx	Mín	Máx
22,4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	99,7	94,6	97	97,5	94,9	94,9	90	100	90	100
8	80,9	63,2	71	74,5	60,1	60,1	64	79	60	75
4	50,6	40,3	54	45,9	35,9	36,3	44	59	35	50
2	36,8	29,7	34	36,2	28,3	28	31	46	24	38
0,5	20,6	16,8	15	21,6	16,8	16	16	27	11	21
0,25	16	13,1	12	17	13,1	12,4	11	20	7	15
0,063	10,1	8,16	6,4	9,3	7,1	6,7	4	8	3	7

#### **Curvas Granulométricas**



#### **Curvas Granulométricas**



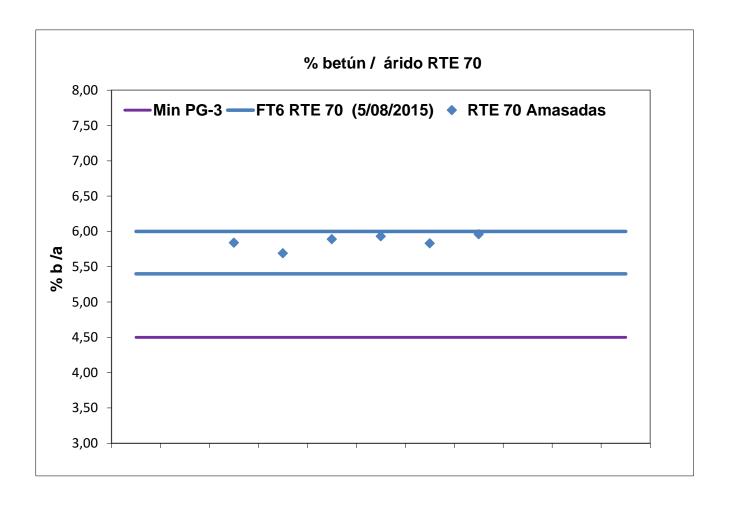
# FÓRMULA DE TRABAJO

Ensayos	RTE 100	RTE 70	MBC		
	AC16D	AC16S	AC16D		
% b/a total	5,8%	5,7%	5,0%		
Temperatura de compactación	80	80	140		
Numero de giros	65	65	50		
Propiedades Vo	olumétricas				
Densidad sss, g/cm <sup>3</sup>	2,269	2,345	2,331		
Densidad máxima, g/cm³	2,424	2,434	2,450		
Huecos Mezcla s/sss, %	6,4	3,7	4,9		
Propiedades Mecánicas					
Modulo de rigidez, 20°C, Mpa	3900	2276			
Resistencia a tracción indirecta 15°C (RTI), Mpa	1,88	1,97	2,47		
Pendiente de deformación en pista, WTS <sub>AIRE</sub> , mm/10 <sup>3</sup> ciclos	0,075	0,076	0,063		
Profundidad de deformación pista, RD <sub>AIRE</sub> , mm	2,49	2,87	3,1		
Porcentaje de la profundidad de la rodera, PRD <sub>AIRE</sub> , %	5,02	5,60	5,2		
Sensibilidad al Ag	ua (44 ciclos)				
Densidad 66% ciclos s.s.s g/cm <sup>3</sup>	2.241	2,308	2,325		
% Resistencia conservada	96%	88,6	87%		

#### Prestaciones RTE 70%

Propiedades	SURF 24/07/2015	BIN 28/07/2015	BIN 28/07/2015	SURF 30/07/2015	SURF 31/07/2015
Densidad (gr/cm³)	2,307	2,280	2,323	2,318	2,331
% VM	4,6	6,1	4,0	4,13	4,00
Altura (mm)	65,5	67,9	65,3	65,7	64,8
Módulo MPa	6301	5105	6500	6125	6733
RTI 15°C	2,42	2,25	2,37	2,21	2,57
RTIs	2,05	2,00	2,22	1,89	2,14
RTIW	1,82	1,75	2,01	1,67	1,9
Resistencia conservada %	88,8	87,5	90,5	88,4	88,8
Pista (mm/1000)	0,125	0,059	0,09	0,123	0,066
Def. pista (%)	3,28	2,03	2,44	3,03	2,21

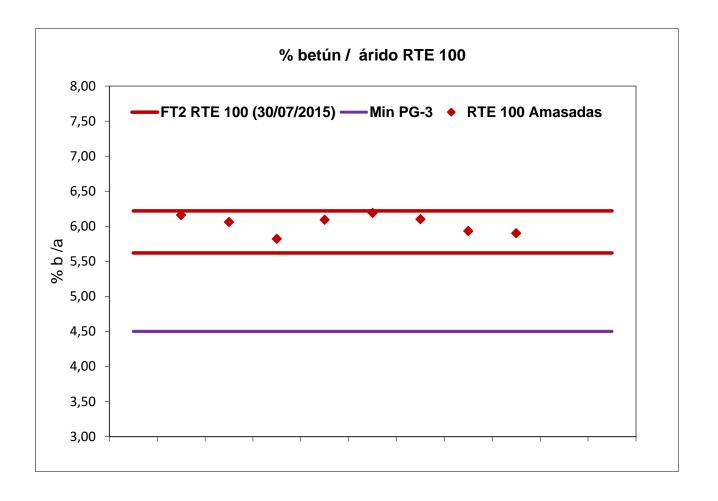
#### Prestaciones RTE 70%

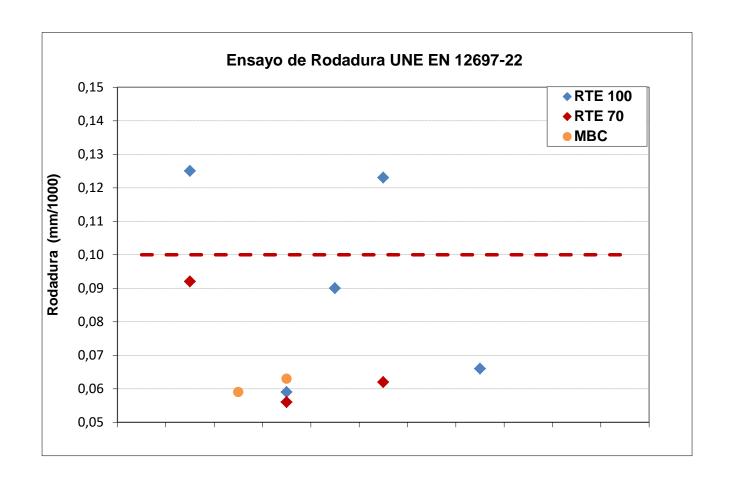


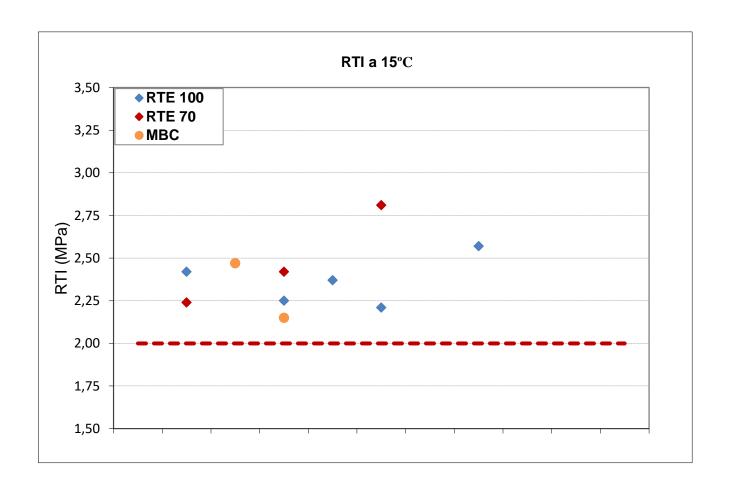
#### Prestaciones RTE 100% RAP

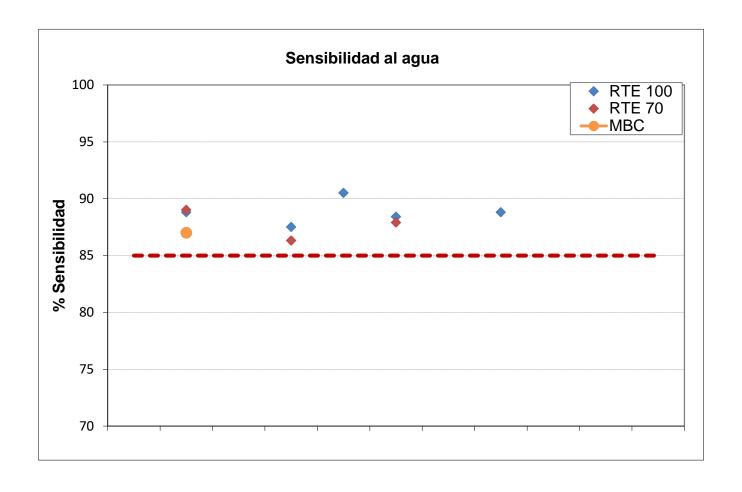
Propiedades	SURF 23/07/2015	BIN 29/07/2015	SURF 05/08/2015
Densidad (gr/cm³)	2,326	2,319	2,338
% VM	5,1	5,2	4,0
Altura (mm)	65,5	66,6	64,7
Módulo MPa	4045	4541	4743
RTI 15°C	2,24	2,42	2,81
RTIs	2,21	2,34	2,40
RTIW	1,96	2,02	2,11
Resistencia conservada %	89,0	86,3	87,9
Pista (mm/1000)	0,092	0,056	0,062
Def. pista (%)	2,47	2,07	2,37

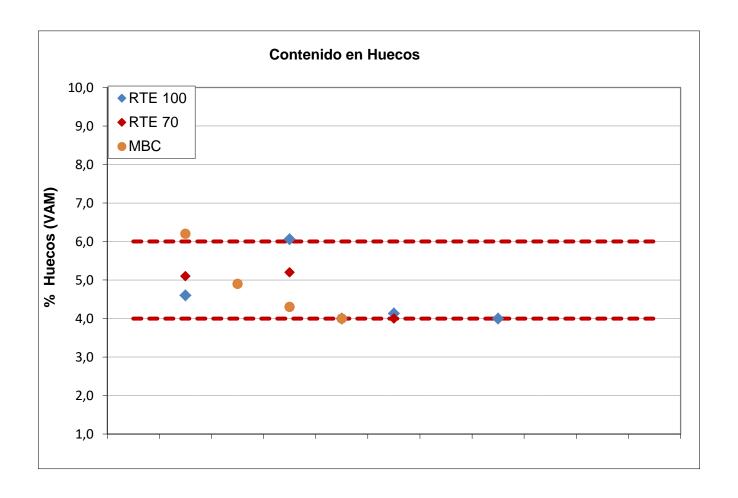
#### Prestaciones RTE 100% RAP

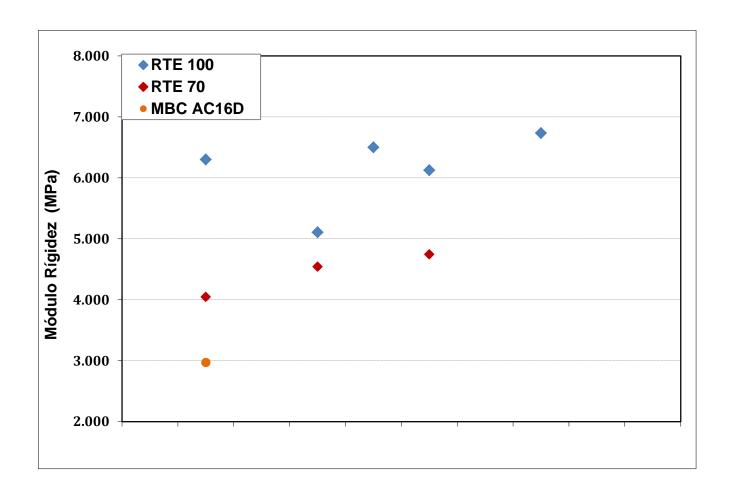




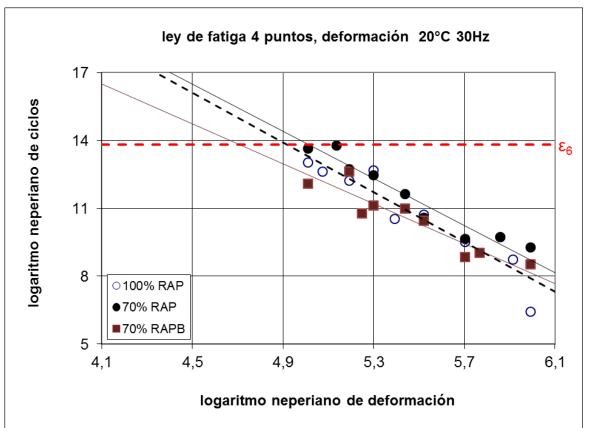








#### **LEYES DE FATIGA**



Fuente:	CEDEX
i uciile.	

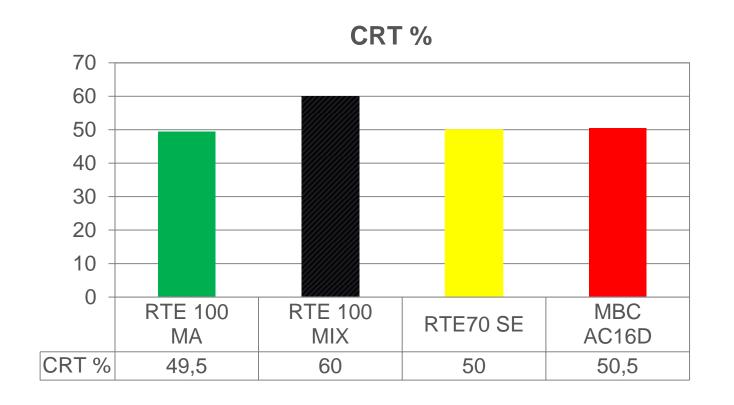
Ensayo de fatiga a 4 puntos .	RTE 100 MA (24-7-2015)	RTE 70 SE (05-08-2015)
Módulo flexión 4 pt. 20 °C, MPa	7.061	7.786
Ángulo fase 4 pt. (m. f. 20 °C), °	15,9	15
$\varepsilon_6$ (fatiga 4 pt. 20 °C 30 Hz), $\mu$ m/m	136	111
r <sup>2</sup> (fatiga 4 pt. 20 °C 30 Hz)	0,87	0,91

#### CARACTERÍSTICAS DEL LIGANTE RECUPERADO

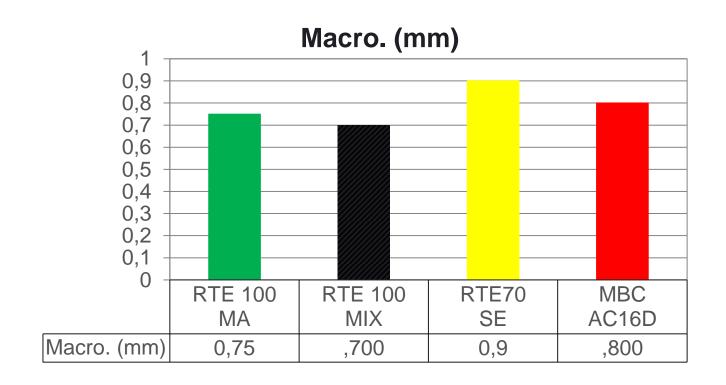
Caracterización del ligante recuperado.	RTE 100 MA	RTE 100 MA	RTE 70 MA	RTE 100 SE
Fecha de toma de muestra	24/07/2015	28/07/2015	23/07/2015	05/08/2015
Penetración, 1/10 mm	17	18	20	15
Anillo y bola, °C	68,7	69,9	67,1	69,9
Fraass, °C	-7	-7	-6	-5
% Asfaltenos	23,7	22,8	22,8	22,4
IP	0,3	0,6	0,4	0,3

Fuente: CEDEX

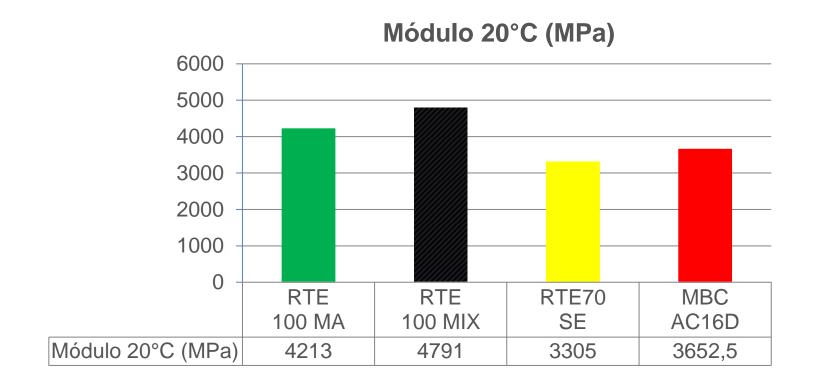
# CONTROL DE RECEPCIÓN



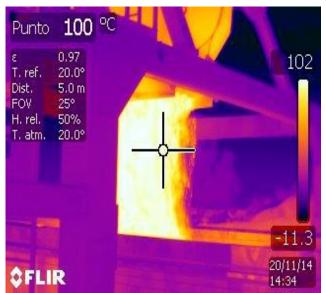
## **CONTROL DE RECEPCIÓN**

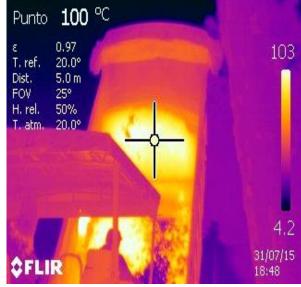


## **CONTROL DE RECEPCIÓN**



### TERMOGRAFIAS MÉNDEZ ÁLVARO

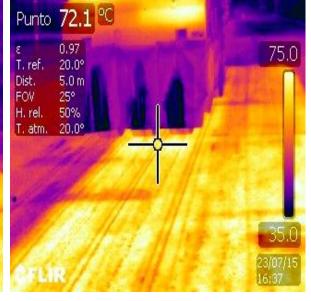












# CONSTRUCCIÓN CALLE MÉNDEZ ÁLVARO







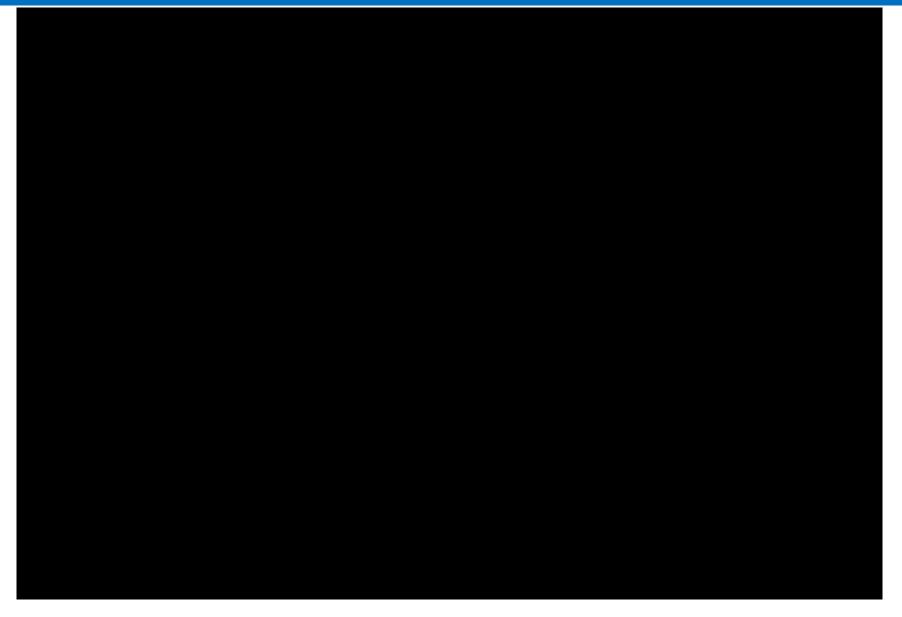




# CONSTRUCCIÓN CALLE MÉNDEZ ÁLVARO



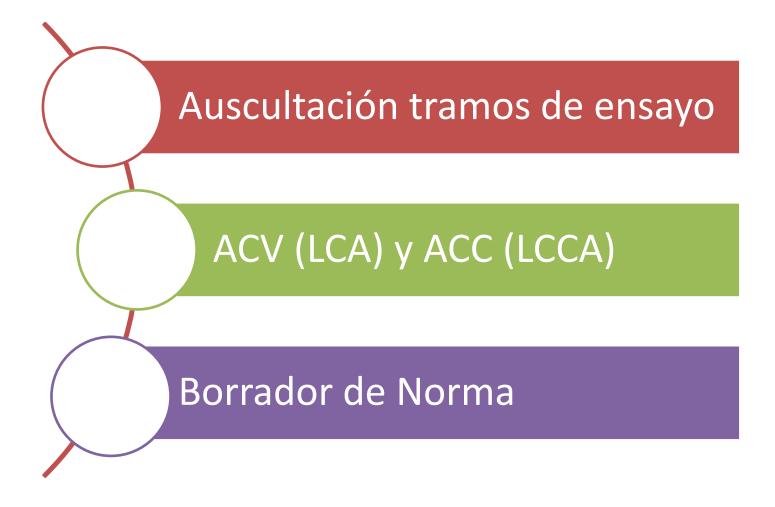
#### **VIDEO**



#### **CONCLUSIONES**

- Con la nueva planta de fabricación de mezclas templadas desarrollada por SACYR, se han conseguido fabricar RTE a tasa de hasta el 100% con propiedades muy similares a una MBC.
- 2. Las nuevas emulsiones permiten buenas envueltas y trabajabilidad.
- 3. Mayor energía de compactación. Se puede conseguir con los equipos convencionales. Tramos de prueba. Cuidado con las zonas de aparcamiento.
- 4. Resultados de los ensayos. Homogeneidad granulométrica. Controlado el contenido de betún. ¡Fundamental clasificar RAP¡
- 5. Si fresas una AC 16 RTE70. Controlar el pase por el tamiz 2. Mejor AC 16 S.
- 6. Abrir al tráfico cuando ta < 60°C.
- 7. CRD menores en el corto plazo. Dependen del CPA del árido del RAP.
- 8. Ahorro de costes importante.

#### **PASOS A SEGUIR**



#### **MUCHAS GRACIAS**

