



# Rehabilitación en mezcla asfáltica - Ruta 1 doble vía Accesos a Montevideo - Santiago Vázquez

---

Contrato de Mantenimiento por Niveles de Servicio M-48  
Accesos a Montevideo - 67k600

Empresa **Traxpalco**



Ubicación de la  
Obra

# Antecedentes

- Doble calzada en pavimento de hormigón ( 2 calzadas de 7,20 m separadas por cantero central)
  - Calzada Norte - Tramo 1 (Montevideo-Santiago Vázquez) Construido en 1978-1980 (40 años)
  - Calzada Sur -Tramo 12 ( Santiago Vázquez-Montevideo)-Construido en 1998-2000 (20 años)
  - Rugosidad año 2017 (IRI Tramo 1 = 4.19, IRI Tramo 12 = 3.36 )
  - TPDA (2018): Tramo 12- 6.244 Veh. (16% camiones, 5% ómnibus, 79% autos)
  - TPDA (2018): Tramo 1- 7.168 Veh. (14% camiones, 5% ómnibus, 81% autos)
- IT = TMDA \* %P (T2: 800-1499)
- Índice Tránsito (IT)- T2

# Consideraciones generales

- Importante bacheo realizado en el pavimento de hormigón existente en los últimos años (aproximado 20%)
- Los bacheos en profundidad no contribuyeron a la adecuada preservación de la calzada.
- En cada bacheo, existió alta probabilidad de debilitar el apoyo de las losas aledañas a las que se reparaba
- Esta situación, condujo al deterioro paulatino de las losas anteriores y posteriores a las reparadas

# Objetivos generales

---

- Mejorar el IRI existente

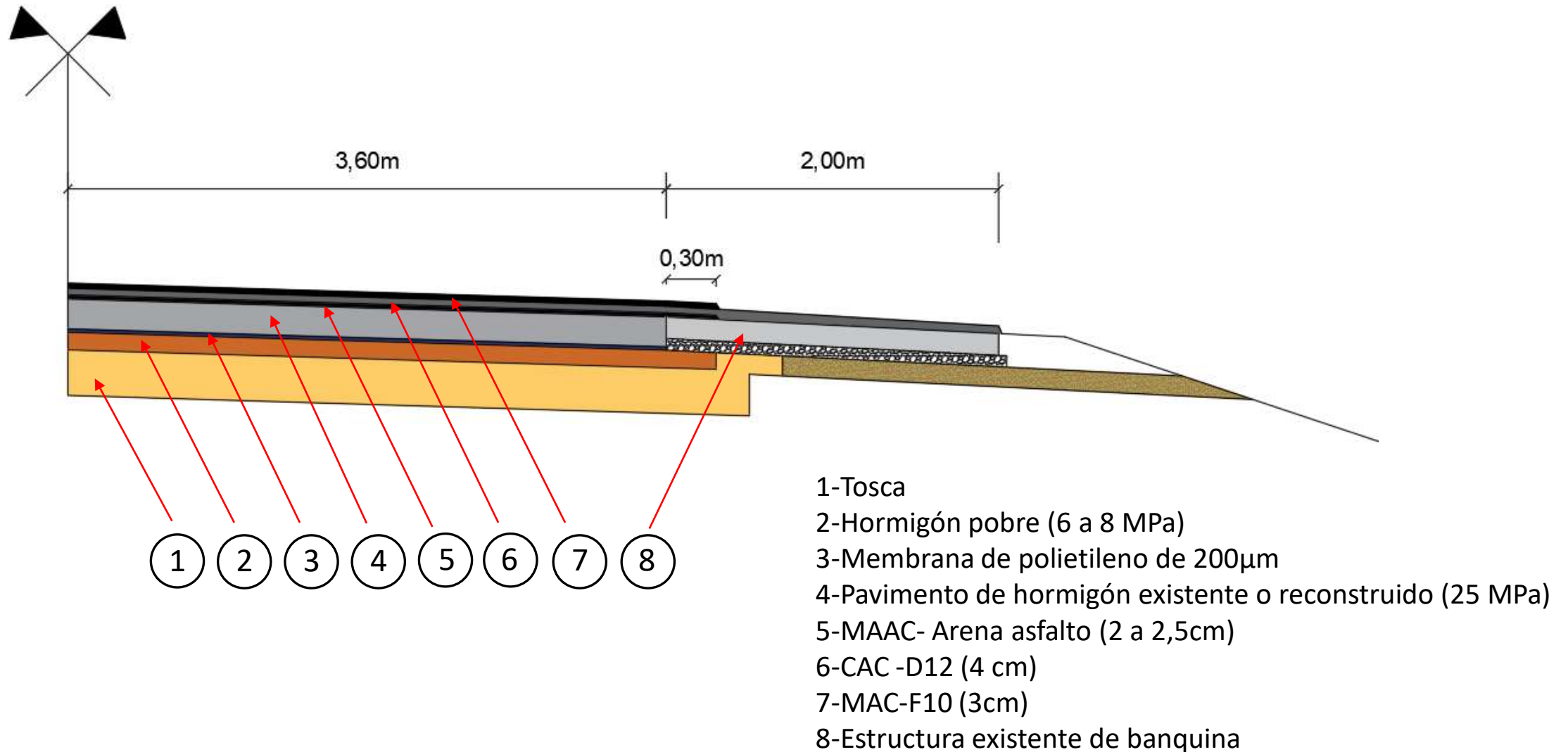
Tramos		IRI
		2017
Tramo 1 (8k500 al 21k030)		4,19
Tramo 12 ( 21k030 al 8k500)		3,36

- Mejorar el confort y la seguridad en la circulación vehicular
- Dilatar en el tiempo la reflexión de fisuras y juntas del Pavimento Rígido
- Solucionar de manera permanente las continuas interferencias con el tránsito (debido a las obras de mantenimiento extraordinario)

# Obra proyectada (Ing. Jorge Páramo)

Capa	Material	Espesor	Observaciones
Microaglomerado Asfáltico en Caliente	MAC- F10	3 cm	Granulometría Discontinua Tipo F 10 ( Macrotextura)
Concreto Asfáltico en caliente tipo Denso	CAC- D12	Variable Promedio 4 cm	Capa de Regularización de Gálibo
Mezcla Arena Asfalto en Caliente	MAAC	2 - 2,5 cm	SAMI( Stress Absorbing Membrane Interface)
Losa de Hormigón	Ho. Existente o de reconstrucción ( 25 Mpa)	Ajustado al espesor de las losas preexistentes	Capa de Hormigón apoyada sobre lámina de polietileno espesor 200 $\mu$ m sobre una base de hormigón pobre
Base de Hormigón Pobre	Ho. Pobre ( Resistencia 6 a 8 Mpa)	Variable 10 -12 cm	Compactado mediante vibradores de inmersión
Sub Base	Tosca ( Granito descompuesto)	Variable	Compactato con plancha vibratoria o cilindro vibratorio

# Perfil transversal



# Etapas Constructivas

- Bacheo de las losas de hormigón

- Mediante observación visual se llegó a un criterio conjuntamente con la D.O para la reconstrucción de losas:

- Losas que presentaron evidencias de movimiento vertical (con o sin evidencia de bombeo)

- Pérdida o despegue del sellado en la junta calzada banquina (señal de movimiento o bombeo)

- Restos de materiales finos arrastrados por el agua en el bombeo

- Losas fragmentadas en más de 3 partes

- Descalce de losas con resaltos  $\geq 5\text{mm}$  (en juntas)



# Demolición de Losas

---

- Se realizó la demolición de las losas comenzando por su centro
- Se utilizó como herramienta de corte el cincel procurando evitar la punta
- En los 30 cm próximos a otras losas, se realizó demolición exclusivamente con elementos livianos, a mano, con martillos percutores eléctricos de no mas de 10 Kg.
- Se evitó la fisuración de las losas aledañas que no serían removidas















## Reparación de Bases de apoyo del pavimento de hormigón

---

- Se reconstruyó las bases con hormigón pobre lo suficientemente fluido como para ser densificado con vibradores de mano
- Resistencia solicitada al hormigón pobre - 6 a 8 MPa
- Se colocó membrana de polietileno de 200  $\mu\text{m}$  entre la base de hormigón pobre y la nueva losa de hormigón reconstruida

## Hormigón utilizado en reconstrucción (por P.E.P)

---

- Resistencia característica 25 MPa (250 Kg/cm<sup>2</sup>)











# Mezcla Arena Asfalto en Caliente (MAAC)

## Ejecución de Mezcla Arena Asfalto ( MAAC) en Caliente de esp. 2 a 2,5 cm.

---

Se denomina Mezcla Arena Asfalto en Caliente (Arena Asfalto) a la combinación de áridos (Polvo de trituración, cal hidratada) y un ligante bituminoso convencional o modificado.

### Especificaciones técnicas

---

- Agregados Pétreos

Áridos provenientes de la trituración de roca sana

Proveedor: Cantera Riachuelo/ Cantera Teblix

- Características de los agregados para una MAAC ( Mezcla Arena Asfalto en Caliente)

- Desgaste Los Ángeles del agregado grueso para la obtención del fino  $\leq 30 \%$
- Índice de lajas  $\leq 30 \%$
- Equivalente de Arena del agregado fino  $\geq 50 \%$

- Granulometría de los agregados

Deberá estar comprendida dentro de los siguientes límites:

Especificación		
Tamiz	% que Pasa ( en Peso)	
	Mínimo	Máximo
6,35 mm ( 1/4")	100	100
4,75 m ( N° 4)	90	100
2,36 $\mu\text{m}$ ( N° 8)	75	95
600 $\mu\text{m}$ ( N° 30)	20	40
75 $\mu\text{m}$ ( N° 200)	8	15

### - Ligante bituminoso

Cemento asfáltico modificado con polímero  
AM3 (IRAM 6596)

Dosificación en peso **> 8 %**

Proveedor: BITAFAL

### - Relleno Mineral

Cal Hidratada

Dosificación en peso **> 0,5 %** (sobre total del  
esqueleto granular)

Proveedor: Compañía Oriental de Minerales S.A

ENSAYO	unidad	mín	máx	NORMA
PENETRACIÓN (25°C, 100g, 5 s)	dmm	50	80	IRAM 6576
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (ANILLO Y BOLA)	°C	65	-	IRAM 6841
PUNTO DE INFLAMACIÓN (CLEVELAND VASO ABIERTO)	°C	230	-	IRAM 6555
RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSION	%	70	-	IRAM 6830
ENSAYO DE ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO				IRAM 6840
DIFERENCIA DEL PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°C	-	5	ASTM D 36
DIFERENCIA DE PENETREACIÓN	dmm	-	10	IRAM 6576
REQUISITOS DEL RESIDUO DE PELICULA DELGADA				IRAM 6839
VARIACIÓN DE MASA	%	-	1	IRAM 6582
PENETRACIÓN RESIDUAL (25°C, 100g, 5s)	%	65	-	IRAM 6576
VARIACIÓN DEL PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°C	-5 a 10		ASTM D36

Requisito Granulométrico	
Tamiz	% que Pasa ( en Peso)
425 µm ( N° 40)	100%
150 µm ( N° 100)	>90 %
75 µm ( N° 200)	>75 %
2.5 gr/cm3 < Densidad > 2.8 gr /cm3	

## Requisitos para la dosificación de la MAAC (Método Marshall)

---

Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall ( IRAM 6845)	N° Golpes por cara	50
	Vacíos en la mezcla ( VN-E 9/86)	2 a 4 %
	Vacíos del agregado mineral VN-E 9/86 ( VAM)	> 12 %
	Estabilidad Marshall VN-E9/86 (Kg)	≥ 800
	Fluencia (mm)	3 a 5
	Relación Betún-Vacios (RBV)	68-78 %
Contenido mínimo de Cal Hidratada ( en peso s/ esqueleto granular)		>0,5%
% ligante asfáltico (en peso s/mezcla)		>8 %
Relación Filler/Asfalto (en peso)		1,0 a 1,3

- **Fórmula de Obra de la MAAC ( Arena Asfalto)**

Material	% en Peso
Polvo de trituración 0-5	91,5
Cal Hidratada	0,5
Cemento Asfáltico Modificado ( AM3)	8

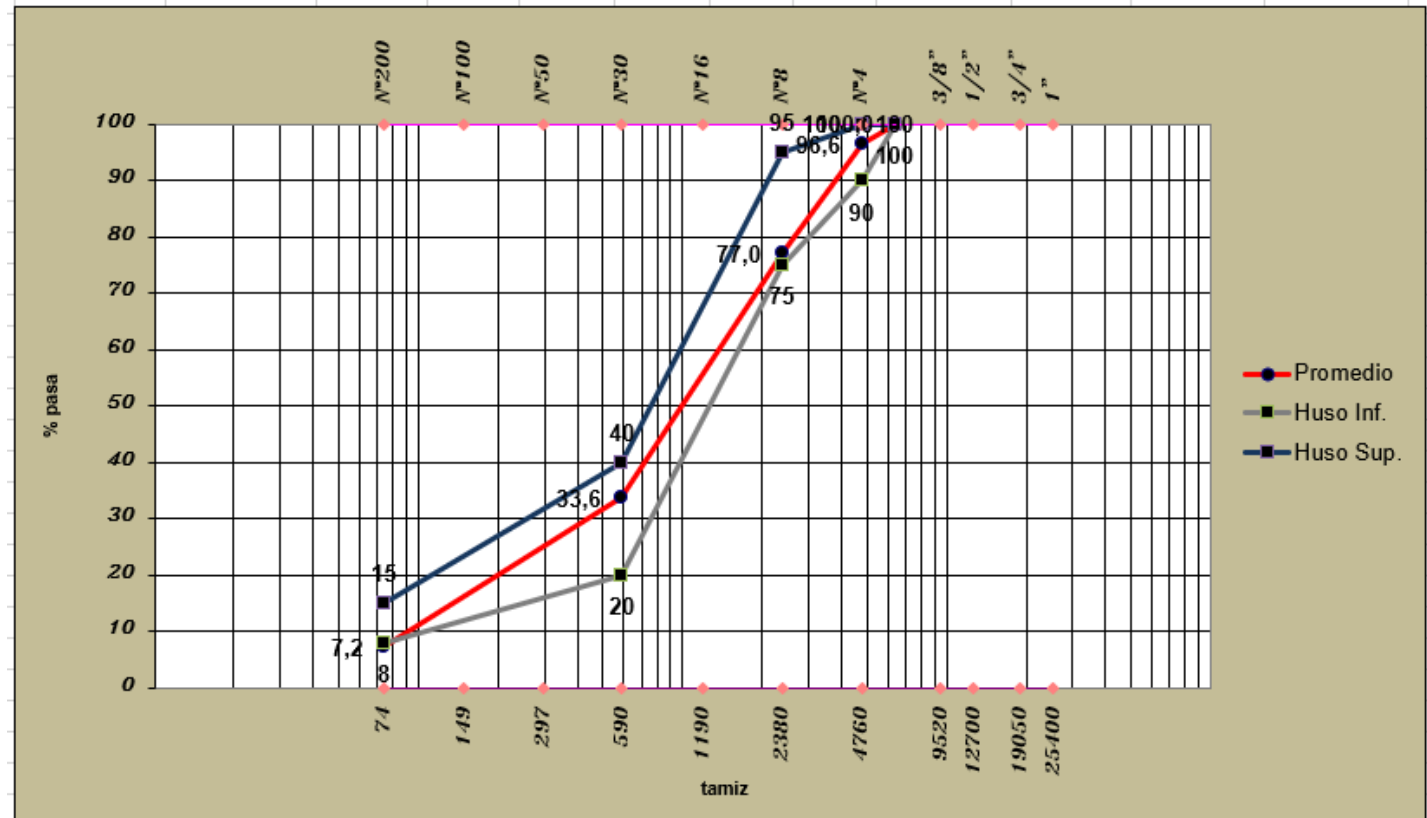
## Control de Producción para la Mezcla Arena Asfalto en caliente

La técnica Marshall se empleó como control de producción.

Pliego DNV					
Parámetro	Datos	Máximo	Media	Mínimo	Desv. Estándar
Densidad Marshall	38	2,346	2,309	2,29	0,01
Vacíos (%)		4,085	3,26	2,918	0,31
Estabilidad ( Kg)		1353	1125	906	116,45
Fluencia (mm)		4,5	3,77	3,13	0,35
Relación Estabilidad-Fluencia ( Kg/mm)		349,2	299	248,46	22,59
V.A.M		19,52	17,76	16,03	1,12
Peso Específico Máximo ( Rice) ( g/cm3)		2,424	2,387	2,363	0,01
% de asfalto sobre la mezcla ( en peso)		8,4	8,18	7,8	0,14
RBV(%)		1,2	74,0	0,9	0,07

# Granulometría Promedio Extracción Arena Asfalto

Especificación			Obra
Tamiz	% que Pasa ( en Peso)		% Pasa Promedio
	Mínimo	Máximo	
6,35 mm ( 1/4")	100	100	100
4,75 m ( N° 4)	90	100	96,6
2,36 μm ( N° 8)	75	95	77,0
600 μm ( N° 30)	20	40	33,6
75 μm ( N° 200)	8	15	7,2





## **Preparación de la superficie de apoyo de la capa de arena asfalto**

- Limpieza de la superficie (Barrido)
- Sellado junta calzada-banquina (Mediante Puenteo)

## **Riego de adherencia**

- Según Pliego DNV- emulsión modificada con látex
- Se Utilizó Emulsión Bitaflex Riego 65 P 25 (Norma IRAM 6698)
- Dosis : 0,4 lt/m<sup>2</sup>
- Proveedor BITAFAL

## Planta Asfáltica – AMMANN PRIME 140

---

PLANTA CONTINUA – producción máxima horaria 140 ton/hora, producción promedio para la obra 80 a 100 ton /hora (dependiendo de la humedad de los áridos)

TOLVA DOSIFICADORA DE CAL - Se incorpora directamente al mezclador mediante tornillo helicoidal

TANQUES – Mantenimiento del asfalto AM3 : 130°C -150°C

TEMPERATURA DE MEZCLADO: 170°C-175°C -Especificado por proveedor de AM3





## Aspectos constructivos de la Mezcla con Arena Asfalto

---

- Elaboración de la Mezcla
  - Temperatura de elaboración -entre 170°C-175°C (especificado por proveedor de AM3)
- Transporte
  - Camiones cubiertos con lona para evitar circulación de aire en la superficie de la mezcla y por lo tanto enfriamiento.
- Tendido
  - Terminadora VÖGELE 1603-3
    - Ancho de tendido - 3.90m
    - Temperatura de tendido - 160°C-165 °C (especificado por proveedor de AM3)



- Compactación
  - Rodillo Liso Tándem trabajando en forma estática (sin vibración)
    - BOMAG 161 U (10 TON)
    - DYNAPAC CC524HF (10 TON)
    - JCB ( 1.5 TON)- para terminaciones
- Comienzo de Tendido A.A : Cuña Fresada en Pavimento de Hormigón ( -3cm → 0) en una longitud de 2 losas.
- Juntas de construcción - Fresado transversal recto









## Control de Calidad de Producción MAAC (Mezcla Arena Asfalto en Caliente)

---

- Parámetros Marshall por jornada
- Granulometría polvo (Extracción, 2 por jornada)
- Temperatura salida de Planta 170-175°C- (Dato suministrado por Fabricante AM3)
- Temperatura salida terminadora – Tornillo Helicoidal -(160°C- 165°C)
- Espesor de Tendido (por jornada)

Concreto  
Asfáltico en  
Caliente CAC  
D12/D19

## Ejecución de Concreto Asfáltico en Caliente tipo Denso de esp. promedio 4 cm.

---

Se define como Concreto Asfáltico en Caliente tipo Denso (CAC -D 12) a la combinación de áridos ( Agregados gruesos, Agregados Finos, Polvo de trituración y cal hidratada ) y un ligante bituminoso convencional o modificado

### Especificaciones técnicas

---

- Agregados Pétreos

Deben ser de origen natural, provenir de la trituración de rocas sanas.

Proveedor: Cantera Riachuelo Ruta 1 km 164,5

- Características de los agregados

Agregados gruesos; parte del agregado total retenido por el tamiz # 4.75mm- (IRAM 1501)

Agregados finos; parte del agregado total pasante por el tamiz # 4,75 mm

-Depende del Índice de tránsito (ruta 1 – Índice Transito T2) y del tipo de Capa asfáltica:

- |  |                  |
|--|------------------|
| ○ Desgaste Los Ángeles del agregado grueso para base       | <b>&lt; 30 %</b> |
| ○ Desgaste Los Ángeles del agregado grueso para rodamiento | <b>&lt; 25 %</b> |
| ○ Índice de lajas para base                                | <b>&lt; 30 %</b> |
| ○ Índice de lajas para rodamiento                          | <b>&lt; 25 %</b> |

- Ligante bituminoso

Cemento asfáltico modificado con polímero AM3.  
(Norma IRAM 6596)

Proveedor: BITAFAL

ENSAYO	unidad	mín	máx	NORMA
PENETRACIÓN (25°C, 100g, 5 s)	dmm	50	80	IRAM 6576
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (ANILLO Y BOLA)	°C	65	-	IRAM 6841
PUNTO DE INFLAMACIÓN (CLEVELAND VASO ABIERTO)	°C	230	-	IRAM 6555
RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSIÓN	%	70	-	IRAM 6830
ENSAYO DE ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO				IRAM 6840
DIFERENCIA DEL PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°C	-	5	ASTM D 36
DIFERENCIA DE PENETREACIÓN	dmm	-	10	IRAM 6576
REQUISITOS DEL RESIDUO DE PELICULA DELGADA				IRAM 6839
VARIACIÓN DE MASA	%	-	1	IRAM 6582
PENETRACIÓN RESIDUAL (25°C, 100g, 5s)	%	65	-	IRAM 6576
VARIACIÓN DEL PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°C	-5 a 10		ASTM D36

- Relleno Mineral

Cal Hidratada

Dosificación en peso  $\geq 1\%$  (del total del esqueleto granular)

Proveedor: Compañía Oriental de Minerales S.A

Requisito Granulométrico	
Tamiz	% que Pasa ( en Peso)
425 $\mu\text{m}$ ( N° 40)	100%
150 $\mu\text{m}$ ( N° 100)	>90 %
75 $\mu\text{m}$ ( N° 200)	>75 %
2.5 gr/cm <sup>3</sup> < Densidad > 2.8 gr /cm <sup>3</sup>	

## Requisitos para la dosificación del CAC D12/19

Parámetro		Exigencia																												
Ensayo Marshall ( IRAM 6845)	Nº Golpes por cara	75																												
	Vacíos en la mezcla ( VN-E 9/86)	3 a 5 %																												
	Vacíos del agregado mineral VN-E 9/86 ( VAM)	TMN 12 mm 19 mm	VAM ≥15 % ≥14 %																											
	Estabilidad Marshall VN-E9/86 (Kg)	≥ 1000																												
		<table><tr><td>Tipo de</td><td colspan="4">RVB(%)</td></tr><tr><td>Capa</td><td colspan="4">Clasificación por Tránsito</td></tr><tr><td></td><td>T1</td><td>T2</td><td>T3</td><td>T4</td></tr><tr><td>Rodamiento</td><td>65-75</td><td>65-75</td><td>65-78</td><td>65-78</td></tr><tr><td>Base</td><td>68-78</td><td>68-78</td><td>70-80</td><td>70-80</td></tr></table>				Tipo de	RVB(%)				Capa	Clasificación por Tránsito					T1	T2	T3	T4	Rodamiento	65-75	65-75	65-78	65-78	Base	68-78	68-78	70-80	70-80
	Tipo de					RVB(%)																								
Capa	Clasificación por Tránsito																													
	T1	T2	T3	T4																										
Rodamiento	65-75	65-75	65-78	65-78																										
Base	68-78	68-78	70-80	70-80																										
Relación Betún-Vacíos (RBV) (%)																														
Contenido mínimo Cal Hidratada ( en peso s/total esqueleto granular)		1%																												
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento " Wheel Tracking Test " ( Norma UNE-En 12697-22 Procedimiento B)		T2-Base PRD ≤ 10 %																												
Proporciones máximas en volúmen de Filler en mezclas ( IRAM 1542)		Asfaltos Modificados Cv/Cs ≤ 1.1 Si Cs < 0,22 Contenido Filler Max 2% (en Peso)																												

- **Fórmula de Obra del CAC D12 / CAC D19**

### CAC D12

Material	% en Peso
Gravilla 10-20	-
Gravillín 5 -15	44,5
Polvo de trituración 0-5	49,3
Cal Hidratada	1,0
Cemento Asfáltico Modificado ( AM3)	5,3

### CAC D19

Material	% en Peso
Gravilla 10-20	23,0
Gravillín 5 -15	28,5
Polvo de trituración 0-5	42,5
Cal Hidratada	1,0
Cemento Asfáltico Modificado ( AM3)	5,1

DNV-Departamentos de Ensayos realizó ensayo **Wheel Tracking Test** de acuerdo a la norma NLT 173-84 (Presión de contacto 9 Kg/cm<sup>2</sup>, 60°C, 120 minutos) - obteniendo una deformación absoluta < 6mm



## Control de producción CAC- D19- TRAMO 1

Parámetro	Datos	Máximo	Media	Mínimo	Desv. Estándar	Pliego DNV
Densidad Marshall (g/cm3)	16	2,388	2,38	2,369	0,01	
Vacíos (%)		4,55	4,13	3,77	0,23	3-5 %
Estabilidad ( Kg)		1688	1589	1485	67,2	1000
Fluencia (mm)		4,12	3,6	2,98	0,34	
Relación Estabilidad-Fluencia ( Kg/mm)		516,44	443	392,72	32	250-450
V.A.M		15,29	14,79	13,28	0,45	≥14%
Peso Específico Máximo ( Rice) ( g/cm3)		2,492	2,482	2,468	0,01	
% asfalto sobre la mezcla		5,3	5,21	5,085	0,06	
Relación Betún -Vacíos RBV (%)		76,0	75,9	75,0	0,25	68-78%

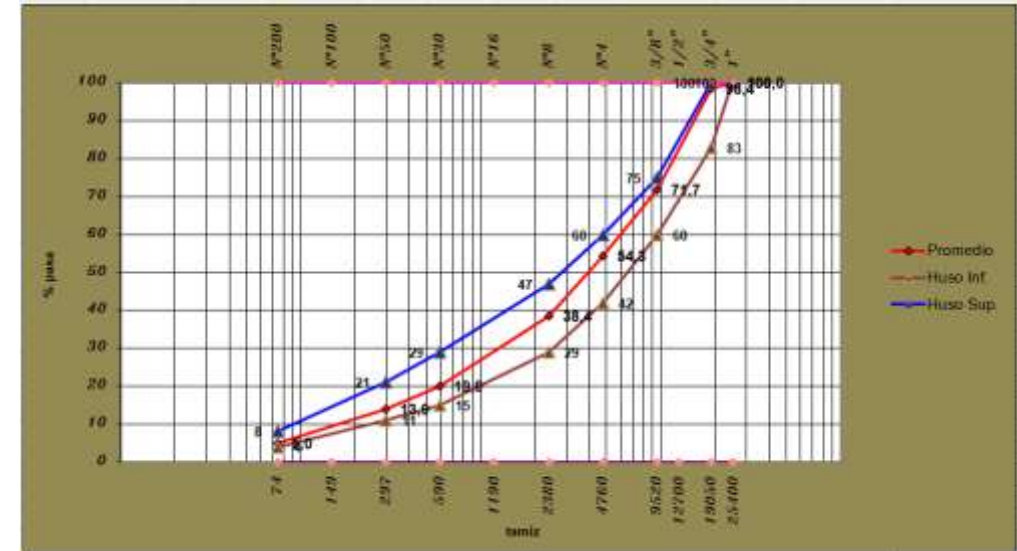
## Control de Producción CAC- D12- TRAMO 12

Parámetro	Datos	Máximo	Media	Mínimo	Desv. Estándar	Pliego DNV
Densidad Marshall	37	2,398	2,375	2,342	0,01	
Vacíos (%)		4,78	3,99	2,99	0,48	3-5%
Estabilidad ( Kg)		1.607	1.375	1.130	112,96	1000
Fluencia (mm)		3,97	3,5	2,97	0,29	
Relación Estabilidad-Fluencia ( Kg/mm)		463,6	395,5	295,0	40,7	250-450
V.A.M		17,1	15,7	14,8	0,6	≥15%
Peso Específico Máximo ( Rice) ( g/cm3)		2,494	2,474	2,441	0,01	
Porcentaje de asfalto sobre la mezcla		5,0	5,3	5,7	0,17	
RBV(%)		79	73,01	69	4,46	68-78%

# Granulometría Promedio Extracción CAC D12/D19

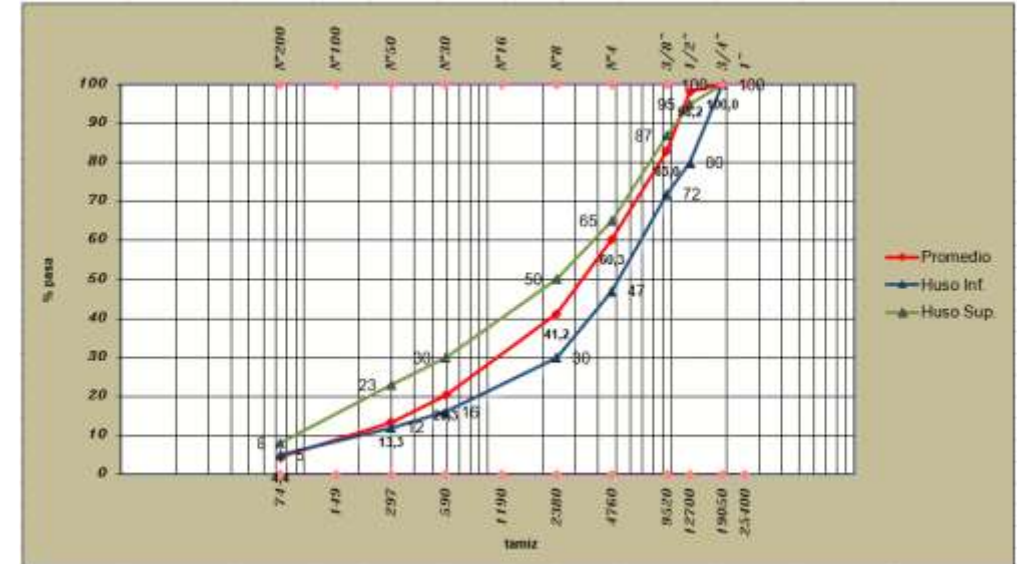
CAC D19

Pliego				Obra
Tamices		% en Peso que pasa		% Pasa
mm	pulgadas	Mínimo	Máximo	Promedio
25	1	-	-	-
19	3/4	83	100	98,4
12,5	1/2	-	-	-
9,5	3/8	60	75	71,7
4,75	N°4	42	60	54,3
2,36	N°8	29	47	38,4
0,6	N°30	15	29	19,9
0,3	N°50	11	21	13,9
0,075	N°200	4	8	5



CAC D12

Pliego				Obra
Tamices		% en Peso que pasa		% Pasa
mm	pulgadas	Mínimo	Máximo	Promedio
25	1	-	-	-
19	3/4	100	100	100,0
12,5	1/2	80	95	98,2
9,5	3/8	72	87	83,0
4,75	N°4	47	65	60,3
2,36	N°8	30	50	41,2
0,6	N°30	16	30	20,3
0,3	N°50	12	23	13,3
0,075	N°200	5	8	4,4



## Aspectos constructivos CAC D12/D19

---

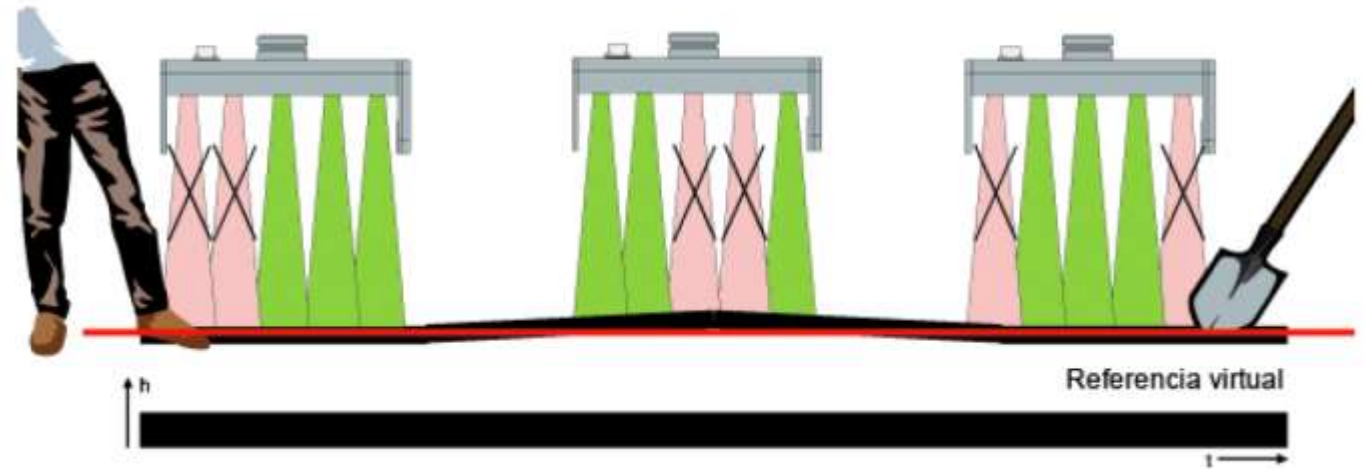
- Elaboración de la Mezcla
  - Temperatura comprendida entre 170°C y 175°C (Dato suministrado por proveedor AM3)
- Transporte
  - Camiones cubiertos con lona para evitar circulación de aire en la superficie de la mezcla y por lo tanto enfriamiento.
- Tendido
  - Terminadora VÖGELE 1603-3  
Ancho de tendido con alargues (2x75 cm) – 5,60m
  - Temperatura de tendido – 160°C-165°C (Tornillo Helicoidal Terminadora )

- Equipo Big Multiplex Ski- Para regularización de superficie



- 3 sensores sónicos múltiples que transmiten sus resultados de medición directamente al sistema automático de nivelación NIVELTRONIC PLUS.
- Se conectan a la consola ERGOPLUS 3
- A partir de esos datos el sistema calcula un nivel de referencia virtual.
- Longitud del ski variable 5 a 13 m

- El “ Big Multiplex Ski” cuenta con 3 sensores de altura por ultrasonidos.
- Cada sensor explora el suelo con 5 sensores sobre una longitud de 28 cm.
- Para calcular el valor medio se utilizan 3 valores de medición.
- Los dos valores de medición que más se alejan del valor nominal serán ignorados y no se tendrán en cuenta en el cálculo del valor medio.













- Compactación CAC -D12/D19
  - Rodillo Tándem Liso (con vibración)
    - BOMAG 161 U ( 10 TON)
    - DYNAPAC CC524HF ( 12 TON)
  - Rodillo Neumático
    - BOMAG BW24RH ( 24 TON)
- Junta transversales - Fresado recto para eliminar material que no ha sido densificado
- Juntas Longitudinales - Cortado con disco del equipo de compactación.



Microaglomerado  
de Asfáltico en  
Caliente (MAC )  
tipo F- 10

## Ejecución de capa de rodamiento de espesor constante 3cm

---

Se denomina Microaglomerado Asfáltico en Caliente (MAC) de granulometría discontinua (F 10) a la combinación de áridos (Agregados Gruesos, Finos , Polvo de trituración y cal hidratada ) y un ligante asfáltico modificado (AM3)

Su finalidad es dotar a la carpeta de rodadura de adecuadas condiciones de resistencia mecánica, macrotextura, resistencia al deslizamiento y propiedades fono absorbentes.

## Especificaciones técnicas

---

- Agregados Pétreos

Deben ser de origen natural, provenir de la trituración de rocas sanas

Proveedor: Cantera Riachuelo Ruta 1 km 164,5

- **Características de los agregados para MAC –F10**

Agregados gruesos ; parte del agregado total retenido por el tamiz # 4.75mm- (IRAM 1501)

Agregados finos; parte del agregado total pasante por el tamiz # 4,75 mm

Agregados Gruesos:

- Desgaste Los Ángeles del agregado grueso < 25 %
- Índice de lajas < 25 %

Agregados Finos:

- Desgaste Los Ángeles del agregado fino < 25 %
- Índice de lajas < 25 %
- Equivalente Arena > 50 %

- Ligante bituminoso

Cemento asfáltico modificado con polímero AM3 (Norma IRAM 6596)

Proveedor: BITAFAL

ENSAYO	unidad	mín	máx	NORMA
PENETRACIÓN (25°C, 100g, 5 s)	dmm	50	80	IRAM 6576
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (ANILLO Y BOLA)	°C	65	-	IRAM 6841
PUNTO DE INFLAMACIÓN (CLEVELAND VASO ABIERTO)	°C	230	-	IRAM 6555
RECUPERACIÓN ELÁSTICA POR TORSIÓN	%	70	-	IRAM 6830
ENSAYO DE ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO				IRAM 6840
DIFERENCIA DEL PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°C	-	5	ASTM D 36
DIFERENCIA DE PENETREACIÓN	dmm	-	10	IRAM 6576
REQUISITOS DEL RESIDUO DE PELICULA DELGADA				IRAM 6839
VARIACIÓN DE MASA	%	-	1	IRAM 6582
PENETRACIÓN RESIDUAL (25°C, 100g, 5s)	%	65	-	IRAM 6576
VARIACIÓN DEL PUNTO DE ABLANDAMIENTO	°C	-5 a 10		ASTM D36

- Relleno Mineral

Cal Hidratada

1% < Dosificación en peso < 3 % (sobre el total de la mezcla)

Proveedor: Compañía Oriental de Minerales S.A

Requisito Granulométrico	
Tamiz	% que Pasa ( en Peso)
425 µm ( N° 40)	100%
150 µm ( N° 100)	>90 %
75 µm ( N° 200)	>75 %
2.5 gr/cm3 < Densidad > 2.8 gr /cm3	

## Requisitos para la dosificación del MAC – F10

Parámetro		Exigencia	
Ensayo Marshall ( IRAM 6845)	Nº Golpes por cara	50	
	Vacíos en la mezcla (VN-E 9/86)	5 a 7 %	
	Vacíos del agregado mineral VN-E 9/86 (VAM)	TMN 12 mm	≥16 %
		9mm	≥17 %
	Estabilidad Marshall VN-E9/86 (Kg)	≥ 700	
Relación Betún-Vacios (RBV)		65-75 %	
Resistencia conservada mediante ensayo Lottman modificado ( ASTM D 4867 o AASHTO T 283)		> 80	
Resistencia a la tracción Indirecta (UNE -EN 12697 -23)		Según P.E.P	
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento "Wheel Tracking Test" (Norma UNE-EN 12697-22 Procedimiento B)		PRD ≤ 5%	
Contenido de Cal Hidratada (en peso sobre el total de la mezcla)		1%-3%	
% mínimo de ligante asfáltico ( en peso sobre el total de la mezcla)		> 4,7%	
Relación Filler/ Asfalto , en peso		≤ 1,7	
Discontinuidad Granulométrica ( Relación pasa #4( 4. 75mm) y es retenida en #8 (2.36mm))		< 10 %	

- **Fórmula de Obra del MAC -TIPO F10**

La técnica Marshall fue utilizada para el ajuste del contenido de asfalto modificado en la fórmula de obra.

Material	% en Peso
Piedra triturada 6-12	66,3
Polvo de trituración 0-4	25,6
Cal Hidratada	2,8
Cemento Asfáltico Modificado ( AM3)	5,3



## Control de producción del MAC – Tipo F10

La técnica Marshall se empleó como control de producción. Se controlaron parámetros tradicionales así como la resistencia conservada en el ensayo por tracción Indirecta (NLT-346/90)

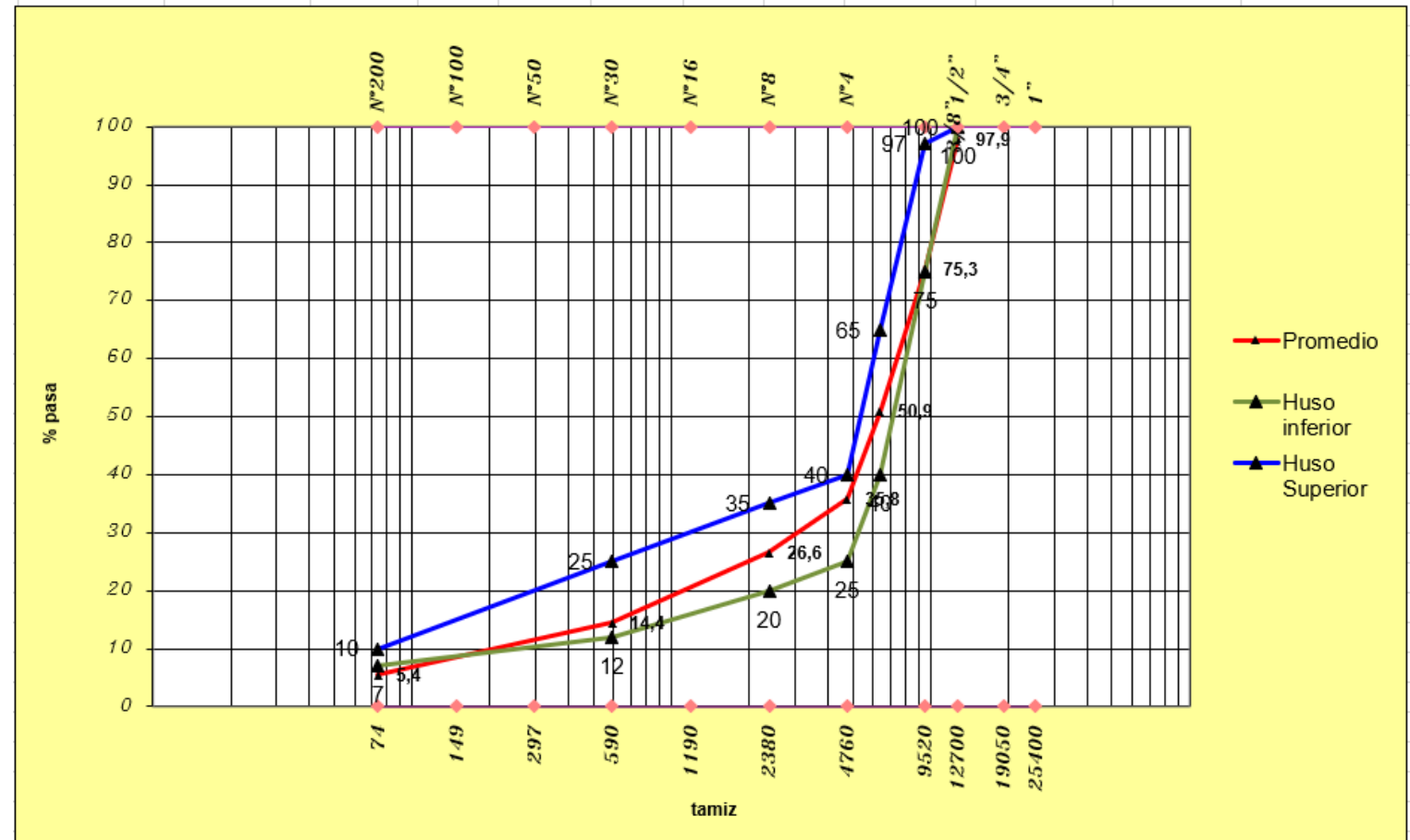
Parámetro	Datos	Máximo	Media	Mínimo	Desv. Estándar	Pliego DNV
Densidad Marshall	27	2,33	2,318	2,31	0,007	
Vacíos (%)		6,6	6,1	5,6	0,33	5-7%
Estabilidad ( Kg)		1130	947	830	62,79	
Fluencia (mm)		4,2	3,97	3,3	0,213	
Relación Estabilidad-Fluencia ( Kg/mm)		305,5	239,3	214,4	21,421	
V.A.M		17,2	16,8	16,4	0,203	>16%
Peso Específico Máximo ( Rice) ( g/cm3)		2,48	2,47	2,46	0,005	
% de asfalto sobre la mezcla ( en peso)		5,3	5,21	5,05	0,07	>4,70
RBV(%)		73,00	70,04	67,00	1,72	65-75%
Relación Filler-Asfalto ( en Peso)		1,4	1,3	1,5	0,1	≤1,7
Discontinuidad Granulométrica ( # 4-#8)		10,1	9,16	8,1	0,475	< 10
Resistencia conservada- Tracción indirecta (RTI) remanente NLT-346/90 (*)	6		> 90 %			-

(\*) Cociente entre la RTI media a 25 °C y RTI promedio luego de 24 horas en agua a 60 °C y ensayo de rotura luego de 2 horas a 25 °C.

# Granulometría Promedio Extracción MAC – F10

Pliego				Obra
Tamices		% en Peso que pasa		% Pasa Promedio
mm	pulgadas	Mínimo	Máximo	
12,5	1/2	100	100	97,9
9,5	3/8	75	97	75,3
6,3	N°3	40	65	50,9
4,75	N°4	25	40	35,8
2,36	N°8	20	35	26,6
0,6	N°30	12	25	14,4
0,075	N°200	7	10	5,4

Discontinuidad # 4 y # 8 – 9,16 %



## Aspectos Constructivos del MAC –F 10

- Elaboración de la Mezcla
  - Temperatura comprendida entre 170°C y 175°C ( Dato suministrado por el proveedor de AM3)
- Transporte
  - Camiones cubiertos con lona para evitar circulación de aire en la superficie de la mezcla y por lo tanto enfriamiento.
- Tendido
  - Terminadora VÖGELE 1603-3  
Ancho de tendido – 4,0 m
  - Temperatura de tendido - 160°C-165°C (a la salida de la terminadora)
  - Equipo Big Multiplex Ski - Para regularidad superficial

- Compactación

- Temperatura : 160°C–165°C ( Indicado por proveedor de AM3)
- Rodillos Lisos Tándem (**trabajando sin vibración**)
  - BOMAG 161 U ( 10 TON)
  - DYNAPAC CC524HF ( 10 TON)

Un rodillo operando inmediatamente detrás de la terminadora y otro a una distancia de 30 a 40 m. Pasadas: 6 a 8

- Terminaciones en borde de calzada con rodillo liso tándem (chico)
  - JCB (1,5 ton)

## Control de Calidad del MAC – F10

---

- Macrotextura (Parche de Arena)
  - Promedio por Km - 1.17
  - Profundidad correspondiente a un volúmen de arena ( 250 cm<sup>3</sup>) distribuidos en forma circular.
- Espesor del testigo (cm)
  - Promedio - 3,3
- Vacíos del testigo ( %)
  - Promedio- 7







# CONCLUSIONES

- Se mejoró el confort del usuario mejorando índice de rugosidad (IRI )

Tramos		IRI	
		2017	2019
Tramo 1 (8k500 al 21k030)		4,19	1,54
Tramo 12 ( 21k030 al 8k500)		3,36	1,36

- Se mejoraron las condiciones de seguridad en la circulación para los usuarios (macrotextura, capacidad de evacuación del agua de lluvia)
- Debido a la macrotextura negativa se redujo sensiblemente el ruido ocasionado por la rodadura de los neumáticos
- Se eliminaron las continuas interferencias en el tránsito debido a la ejecución de obras de mantenimiento extraordinario en el pavimento de hormigón



iii Muchas Gracias!!!

[mborrelli@traxpalco.com.uy](mailto:mborrelli@traxpalco.com.uy)