



Dos décadas de investigación y desarrollo

ING. Pablo Morano

ING. Omar A. Appolloni

VIALIDAD DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES


ARGENTINA

SEPTIEMBRE 2021

Dos décadas de investigación y desarrollo

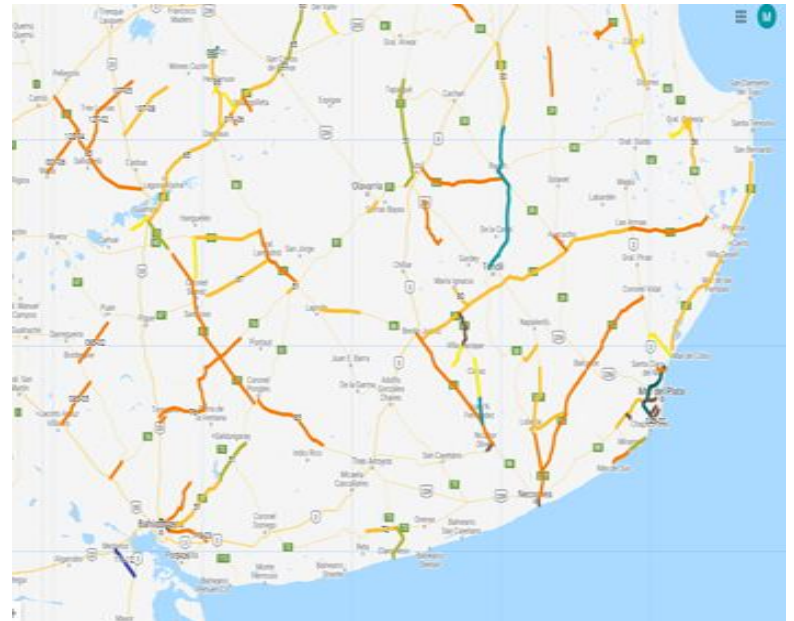
Estabilizado granular con espuma de asfalto

EXPERIENCIAS DE LABORATORIO, EN TRAMOS EXPERIMENTALES Y EN OBRA.



DURANTE DOS DECADAS, VIALIDAD DE LA PROVINCIA DE BUENOS
AIRES, EN FORMA PARALELA A LAS TAREAS COTIDIANAS, SE DEDICO
A EXPERIMENTAR EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS, DE
NUESTRAS RUTAS, MATERIALES, DENOMINAMOS SUB NORMALES. EI
REAPROVECHAMIENTO DE ESTOS MATERIALES FUE MUY POSITIVO
PORQUE CON LOS MISMOS SE DESARROLLARON TECNOLOGIAS
QUE LUEGO SE COMENZARON A IMPLEMENTAR EN TODO EL PAIS.
SON VASTOS EN CALIDAD Y CANTIDAD. PODEMOS AFIRMAR QUE
FUIMOS PIONEROS EN VARIAS TECNICAS Y EN EL EMPLEO DE
DICHOS MATERIALES.

- ✓ Laboratorio
- ✓ Tramo experimental
- ✓ Obra: realizada en una ruta de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).



DESARROLLO

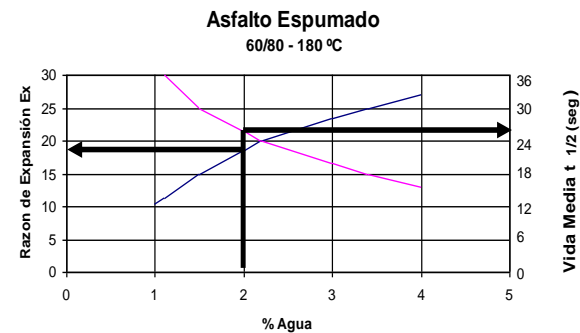
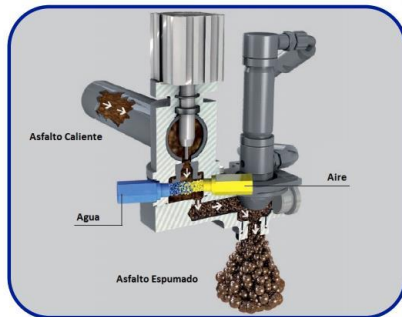
PROPIEDADES FUNDAMENTALES DEL ASFALTO ESPUMADO

RAZON DE EXPANSION:

Es la relación entre el volumen alcanzado por la espuma y el volumen de asfalto sedimentado. Esta relación nos da una idea sobre la trabajabilidad de la espuma. Cuanto más se aproxime a la óptima, mejor será el mezclado y la cobertura de los áridos.

VIDA MEDIA DE LA ESPUMA:

Es el tiempo en que tarda la espuma en reducir a la mitad su volumen. Esto nos dará una aproximación en el tiempo disponible para mezclar la espuma con los áridos finos. Cuando esta colapsa, no habrá uniones íntimas entre ambos materiales.



DESARROLLO

GRANULOMETRIA DEL RAP ESTUDIADO y USADO

1"	3/4"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº40	Nº 80	Nº 200
97.4 %	90.7 %	68.3%	39.5%	18.7%	5.1%	2.3%	0.5%

LIMITES GRANULOMETRICOS A CUMPLIR

Tamices	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200
L. inf.	75 %	70 %	56 %	45 %	34 %	15 %	8 %	4 %
L. sup.	100%	93 %	80 %	68 %	55 %	35 %	27 %	20 %

MATERIALES EMPLEADOS EN LA EXPERIENCIA:

- 1, RAP PRODUCIDO Y EXTRAIDO IN SITU
- 2, AGREGADO PETREO 0/6,
- 3, CAL COMERCIAL
- 4, SUELO DISPONIBLE DE BASE.

DESARROLLO

MUESTRA	I	II	III
RAP	77%	63%	68%
0/6	20%	35%	20%
SUELO	---	---	10%
CAL COM.	3%	2%	2%

SE ENSAYARON TRES GRANULOMETRIAS:

LAS MUESTRAS I y II SIN SUELO DE APORTE

LA MUESTRA III SE INCORPORO SUELO PARA CONTAR CON MAYOR SUPERFICIE ESPECIFICA.

DESARROLLO

GRANULOMETRIAS TOTALES: I, II, III

MUESTRA I

1"	3/4"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
98,0 %	92,8 %	75,6 %	52,7 %	29,2 %	12,1 %	8,7 %	5,7 %

MUESTRA II

1"	3/4"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
98,4 %	94,1 %	80,0 %	60,7 %	34,4 %	14,3 %	10,3 %	6,5 %

MUESTRA III

1"	3/4"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°80	N°200
98,2 %	93,7 %	78,4 %	57,9 %	36,1 %	20,1 %	16,5 %	13,4 %

DATOS DE MOLDEO Y ENSAYOS

MUESTRAS I,II,III,

PROCTOR T-180 (5 CAPAS – 56 GOLPES/ CARA)

MAXIMA DENSIDAD: 1,975 Kg/dm³ / 2,011 Kg/dm³ / 2,020 Kg/dm³

HUMEDAD OPTIMA : 2,6 % 3,3% 3,2%

PORCENTAJES DE
ASFALTO ESPUMADO 1,5 – 2,5 – 3,5% / 1,6 – 2,5 - 3,5% / 1,3 – 2,0 – 2,6 – 3,2%.

PRESION DE AIRE (SIMULADOR): **4,5 BAR.**

PRESION PARA EL AGUA (SIMULADOR): **5,0 BAR.**

% DE AGUA PARA FORMAR LA ESPUMA: **1,5%**

PASTONES Y MOLDEO DE PROBETAS EQUIPO MARSHALL.

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DIAMETRAL:

PROBETAS CURADAS EN ESTUFA Y PROBETAS SATURADAS 25°C.

).

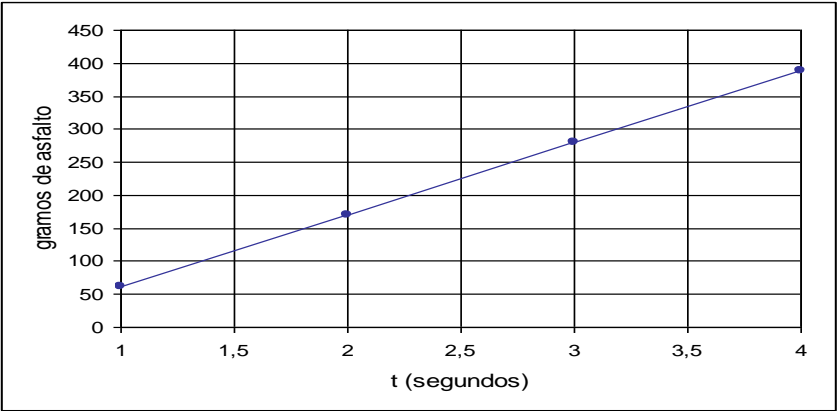
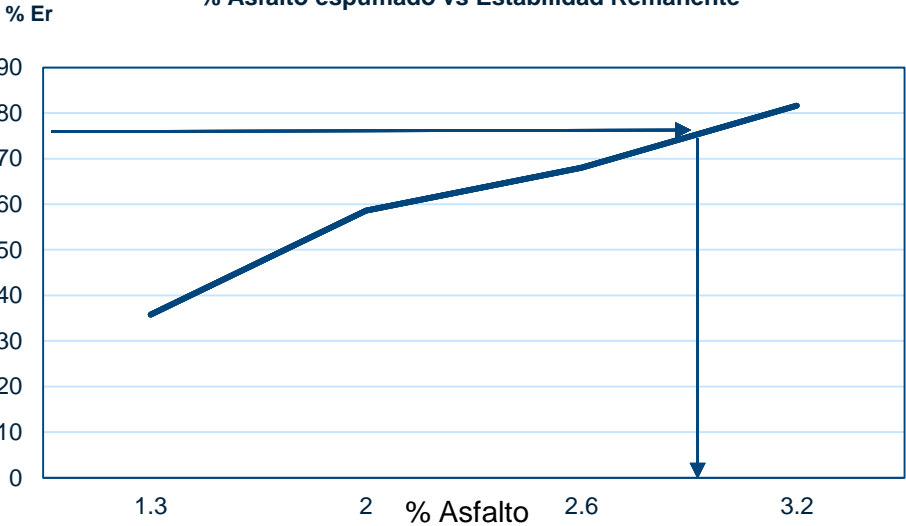
(INDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA) = 75% Min.

DETERMINACION DEL PORCENTAJE OPTIMO DE ASFALTO ESPUMADO DE ACUERDO AL 75% DE LA Rc.

Asfalto Espumado	% Estabilidad Remanente
%	%
1,3	35,8
2,6	58,6
3,4	68,0
4,1	81,6

Tiempo de inyección (seg.)	Asfalto incorporado (gramos)
1	62,0
2	170,0
3	280,6
4	388,0

% Asfalto espumado vs Estabilidad Remanente



Calibración de la bomba para la inyección de asfalto espumado:
100 gramos/ seg.

CONCLUSIONES

- Se realizaron incorporaciones crecientes de asfalto pre establecidas en (1,3%, 2,0%, 2,6% y 3,2%), para la muestra III moldeándose juegos de seis probetas para cada tenor de asfalto. Los resultados en ensayos de laboratorio, sobre las probetas, se ajustó a los requeridos en el manual de **Reciclaje en Frío Wirtgen. Noviembre 1998.**
- Considerando que esta última dosificación es la que se ajusto con mayor rigor a las exigencias impuestas en este manual, se procedió a calcular las resistencias conservadas para los tenores de asfalto espumado empleados.
- Para determinar este valor ($R_c = 75 \%$) se confeccionó el gráfico en el cual intervinieron las resistencias conservadas individuales y los tenores de asfalto espumado incorporados .Valor optimo: 2,90%.
- (APPOLLONI – MORANO - PAGANO) Reciclado en frio de banquetas. Experiencia De Laboratorio.(DVBA) (ARGENTINA-2002)

TRAMO EXPERIMENTAL

FORMULA DE TRABAJO

- Se dosifico una formula de obra, en cuya composición contenga, un cierto porcentaje de agregado pétreo granítico, con el objetivo de que la mezcla, posea mayor fricción entre partículas.

GRANULOMETRIAS INDIVIDUALES DE LOS MATERIALES , RESULTANTE Y LIMITES

RAP 73%

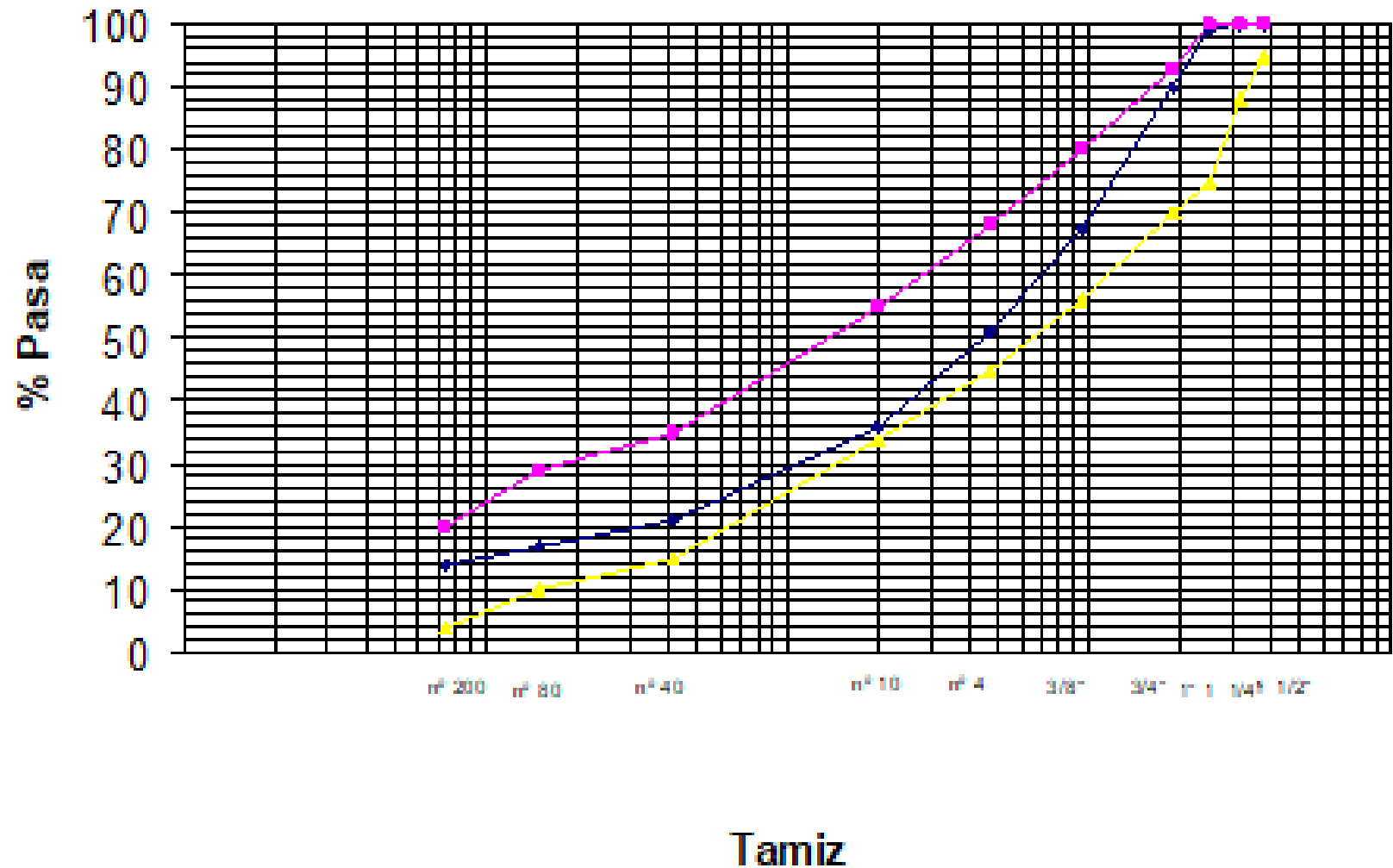
Ag. Pétreo 10%

Suelo 15%

Cal Comer. 2%

T a m i z	R A P	1 0 - 3 0	S u e l o	C a l	G r a n u l o m . R e s u l t a n t e	L i m i t e s	
	7 3 , 0 %	1 0 , 0 %	1 5 , 0 %	2 , 0 %		S u p e r i o r	I n f e r i o r
1 1 / 2 "	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	9 5 , 0
1 1 / 4 "	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	8 8 , 0
1 "	9 9 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	9 9 , 3	1 0 0 , 0	7 5 , 0
3 / 4 "	9 4 , 0	4 3 , 0	1 0 0 , 0	1 0 0 , 0	8 9 , 9	9 3 , 0	7 0 , 0
3 / 8 "	6 9 , 0	2 , 0	9 8 , 0	1 0 0 , 0	6 7 , 3	8 0 , 0	5 6 , 0
4	4 7 , 0	1 , 0	9 6 , 0	1 0 0 , 0	5 0 , 8	6 8 , 0	4 5 , 0
1 0	2 7 , 0	0 , 0	9 5 , 0	1 0 0 , 0	3 6 , 0	5 5 , 0	3 4 , 0
4 0	8 , 0	0 , 0	8 7 , 0	1 0 0 , 0	2 0 , 9	3 5 , 0	1 5 , 0
8 0	4 , 0	0 , 0	8 0 , 0	9 8 , 0	1 6 , 9	2 9 , 0	1 0 , 0
2 0 0	1 , 0	0 , 0	7 5 , 0	9 2 , 0	1 3 , 8	2 0 , 0	4 , 0

Curva Granulométrica



—◆— Adoptada
 —◆— Limite Superior
 —◆— Limite Inferior

TRAMO EXPERIMENTAL

EXPERIENCIA DE OBRA: Ejemplo de las determinaciones realizadas

DETERMINACIONES DE LA VIDA MEDIA DE LA ESPUMA Y LA RELACION DE EXPANSION.

➤ Temperatura del asfalto (70 / 100)	162 °C
➤ Presión del sistema	6,5 bares
➤ Porcentaje de asfalto	2,6 %
➤ Porcentaje de agua	2,0 %
➤ Expansión Inicial	24 cm.
➤ Expansión Final	1,7 cm.
➤ Relación de Expansión	14,1
➤ Vida Media de la Espuma	15 Seg.

ENSAYOS DE LABORATORIO

MATERIAL EXTRAIDO AL PIE DE LA RECLAMADORA

REPOSO EN LABORATORIO A PESO CONSTANTE

VALORES PROMEDIO

PROBETAS TIPO MARSHALL: 75 GOLPES POR CARA

DENSIDAD MARSHALL: 1,996 Tn/m³ - 2,030 Tn/m³

TRACCION INDIRECTA (Compresión Diametral) RTI: 6,0 Kg./cm²

ENSAYOS MARSHALL (60 °C; 40 Min.)

ESTABILIDAD MARSHALL: 700 Kg.

ESTABILIDAD REMANENTE: 90 % (de la normal)

FLUENCIA MARSHALL: 2,7 mm

RELACION ESTAB. /FLUENCIA: 2.592 Kg/cm

MODULO DINAMICO

(compresión diametral a 20°C)

LOS ENSAYOS SE REALIZARON A 2 y 5 Hz CON UNA CARGA DE 100 KG.

Valores Promedios:

Frecuencia

Módulo

2 Hz

4600 mpa

5 Hz

4700 mpa

PROCESO CONSTRUCTIVO

TREN DE TRABAJO: RECLAMADORA / CAMIÓN DE ASFALTO / CAMION DE AGUA



PROCESO CONSTRUCTIVO



Mediciones de la relación de expansión y de la vida media de la espuma

Toma de muestras para ensayos

profundidad del reclamado

EXTRACCIÓN DE TESTIGOS



T1

T2

T3

EXTRACCIÓN DE TESTIGOS

• Estructura de Obra Testigo 1

- Mezcla Asfáltica 180 mm
- Estabilizado Granular con RAP y cal 200 mm

• Tramo Experimental Propuesta 1 Testigo 2

- Mezcla Asfáltica 100 mm
- Estabilizado Granular con RAP y Espuma de asfalto 280 mm

• Tramo Experimental Propuesta 2 Testigo 3

- Mezcla Asfáltica 50 mm
- Estabilizado Granular con RAP y Espuma de asfalto 330 mm

ENSAYOS DE LABORATORIO CON TESTIGOS DEL TRAMO

- Se extrajeron tres testigos en el tramo experimental en el T1 la capa de concreto asfáltico es de 180 mm, el T2 la capa de concreto asfaltico es de 100 mm de espesor y el T3 la capa de concreto asfaltico es de 50 mm . El tramo experimental se construyo con capas de rodamiento en dos espesores, para evaluar el aporte estructural de la base estabilizada con asfalto espumado.
- Al extraer los testigos, se observo que dicha capa de superficie, estaba totalmente adherida a la base en ambos espesores.
- Debido a que los espesores de los testigos, resultaron ser de importante longitud, se seccionaron en tres capas, para una optimización en los resultados de ensayos, en las muestras extraídas In situ.

ENSAYOS DE LABORATORIO CON TESTIGOS DEL TRAMO

- Las capas seccionadas se denominaron como superior, media e inferior.

• ENSAYO	DENSIDAD MARSHALL	TRACCION INDIRECTA	ESTABILIDAD	RELACION E/F
• CAPA SUPERIOR	2,040 g/cm ³	6,9 Kg/cm ³	695 Kg	1986 Kg/cm
• CAPA MEDIA	2,032 g/cm ³	6,5 Kg/cm ³	665 Kg	1956 Kg/cm
• CAPA INFERIOR	1,999 g/cm ³	6,2 Kg/cm ³	655 Kg	1926 Kg/cm

ENSAYO DE MÓDULO DINÁMICO (mpa)

• Frecuencia	Capa Inferior	Capa Media	Capa Superior
• 2 Hz	2790	4400	4650
• 5 Hz	2880	4590	4790

ENSAYOS DEFLECTOMÉTRICO (Bénkelman)

PROG mts	Deflex. Max	Radio Curv.	Observaciones
-20	40	223	Fuera del tramo
+20	36	521	Espesor M.A. 10 cm
+90	42	781	Espesor M.A. 10 cm
+160	26	690	Espesor M.A. 10 cm
+230	40	391	Espesor M.A. 5 cm
+300	32	260	Espesor M.A. 5 cm
+370	44	260	Espesor M.A. 5 cm
+420	48	313	Fuera del tramo

COMENTARIOS

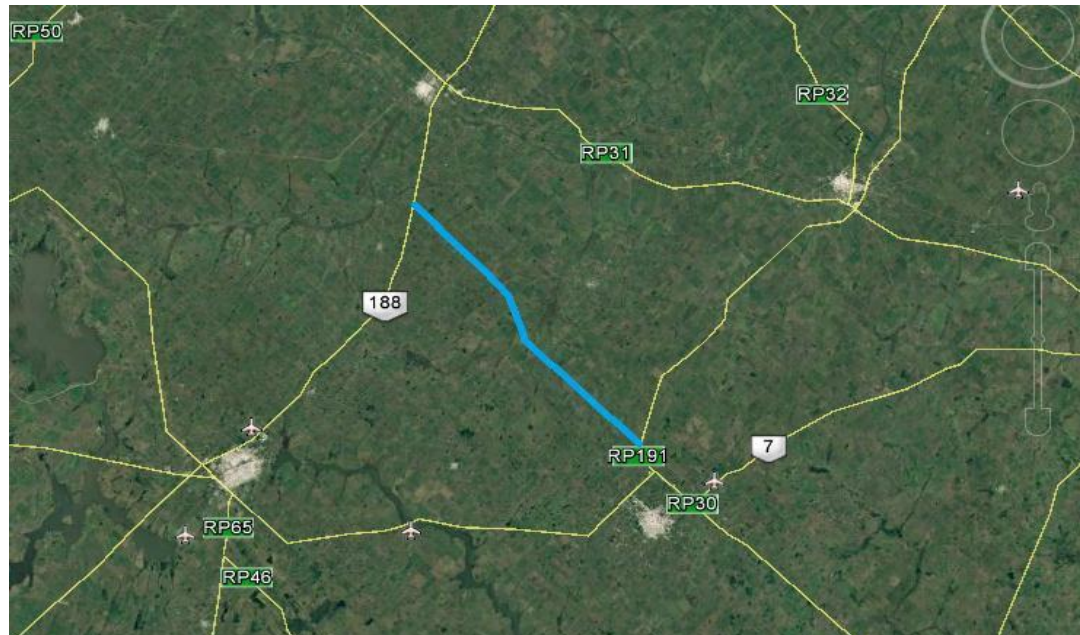
- Habiéndose analizado los valores hallados, en los diferentes ensayos ejecutados, sobre los testigos extraídos y seccionados: se deduce que las diferencias son aceptables, entre los de las capas superior e inferior, porque comparativamente están en el orden del 98% entre las mismas.
- Basándonos en el razonamiento anterior. Se considera que el mezclado de los materiales fue efectivo.
- En los estudios Deflectométricos : Se aprecia que tanto los valores de las deflexiones máximas como los Radios de Curvatura tienen valores aceptables y que para el segundo parámetro, su valor en el tramo de mayor espesor, prácticamente se duplica como es lógico con respecto al de menor espesor.
- (APPOLLONI – MORANO) XVIII Concurso sobre Temas Viales.(DVBA) (ARGENTINA) (2004)

EXPERIENCIA DE OBRA

- LUEGO DE HABER NARRADO LO CONCERNIENTE A EXPERIENCIAS, SOBRE DOSAJE DE MEZCLAS PARA ASFALTO ESPUMADO, A NIVEL LABORATORIO, COMO ASI TAMBIEN, LAS PROPIAS REFERENTES AL TRAMO EXPERIMENTAL, PASAREMOS AHORA A DELINEAR LOS TRABAJOS REFERENTES, A OBRA DE VIALIDAD DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, REALIZADA EN UNA DE SUS RUTAS, CON LA TECNICA DESCRIPTA.

R.P. N° 30

Tr: R.P. N° 191 – R.N.N° 188



DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

- El trabajo consistió en la reconstrucción total de la ruta en una longitud de 37,000 Km.
- El ancho existente era de 6,70 m
- La sub base de estabilizado granular con RAP y espuma de asfalto, se construyo en un ancho de 7,50 m en 0,20 m de espesor.
- Para el apoyo del ensanche, se ejecutó una Sub base de estabilizado granular con cemento para base del mismo y además, hubo mejoramiento y refuerzo en el valor portante de la sub rasante.
- Sobre esta ultima, se construyo una Base Granular Asfáltica CAC D19 CA30 de 0,05 m de espesor y 7,40 m de ancho y una Carpeta de Concreto Asfaltico CAC D12 CA30 de 0,04 m de espesor en 7,30 m de ancho.

ruta provincial nº 30

ESTADO INICIAL Y PREPARACION DE LA BASE PARA ENSANCHE



ruta provincial nº 30

PROCESO CONSTRUCTIVO



CONCLUSIONES

Como los tiempos disponibles, entre finalización de obra y la presentación del trabajo, no fueron del todo coincidentes, no se pudo contar con un exhaustivo análisis e interpretación de los ensayos de obra.

También es importante aclarar que por motivos de conocimiento mundial (pandemia) 2020/21, no se han podido realizar los ensayos de Relevamiento y comportamiento de la ruta.

En próxima presentación, expondremos los mismos, donde constaran las conclusiones de una obra, transitada diariamente por vehículos de gran porte, durante un importante periodo.