

**EXPERIENCIAS EN REHABILITACION DE PAVIMENTO DE HORMIGON
MEDIANTE LA TECNICA DE RUBLIZING**

INTEGRANTES:

Ing. QUINTERO Raúl teddyquintero@hotmail.com 0385-154990883

Ing. PATO Miguel miguelpato2020@yahoo.com.ar 0385-154990881

Ing. SANZONE, Carla carla.sanzone@gmail.com 0385-155104645

Tec. Cano, Carlos charlicano@hotmail.com 0385-154202103

Dirección: Av. Roca (S) 777- Santiago del Estero - C.P. 4200

Objetivos:

El presente trabajo consiste en la descripción del método de trituración de hormigón mediante la técnica de "Rubblizing" por medio de un rompedor resonante.

Pretende brindar el punto de vista, desde la experiencia en una obra de hormigón, en Santiago del Estero, que mediante dicha técnica se ha convertido a carpeta de concreto de asfáltico un antiguo pavimento rígido deteriorado.

Desarrollo:

La técnica fue utilizada en 33 km de la Ruta Nacional N° 89. Es una de las rutas del Mercosur cuyo TMDA (2014) es de 1100 veh/día (41,6% de V.P.)

La particularidad en esta obra, es que, el tramo mencionado presentaba un ancho de calzada de 3,60m de 60 años de edad, construidos por losas de hormigón apoyadas sobre terreno natural, con reparaciones a lo largo del tiempo en concreto asfáltico, premezclado u hormigón.

El entrecruzamiento de los vehículos se efectuaba a media calzada con mínima visibilidad, por lo cual las banquetas estabilizadas sufrían deterioros mayor al normal (descalces pronunciados) con acumulación de material granular al pie de talud. Además de una zona de camino de 40 m, que dificultaba las tareas de desvíos.

Se propuso rehabilitar el pavimento existente, reciclarlo y reutilizarlo como base granular, donde el ensanche se efectuó con una base granular y sobre la misma una estructura de concreto asfáltico.

No existían antecedentes constructivos de ensanches hasta el momento en la zona.

Conclusiones:

La técnica constructiva presenta una serie de ventajas y desventajas que varían con las condiciones climáticas y la solvencia de la Contratista.

La tarea de "rubblizing" no puede ser vista de manera aislada ya que previo a ello, se deberá cumplir con una serie de tareas preliminares, entre los que se destacan, las tramitaciones aduaneras que según plazo de obra pueden ser considerables.

Introducción

El presente trabajo consiste en la descripción del método de demolición de hormigón mediante la técnica de "Rubblizing" utilizada experimentalmente en la Argentina.

Pretende brindar el punto de vista, desde la experiencia en una obra de hormigón en la Provincia de Santiago del Estero, que mediante dicha técnica se ha convertido a carpeta de concreto asfáltico.

Se intenta recopilar los aciertos y desventajas del método tan innovador y de poca experiencia similar en nuestro país.

Concepto – Demoledor Resonante:

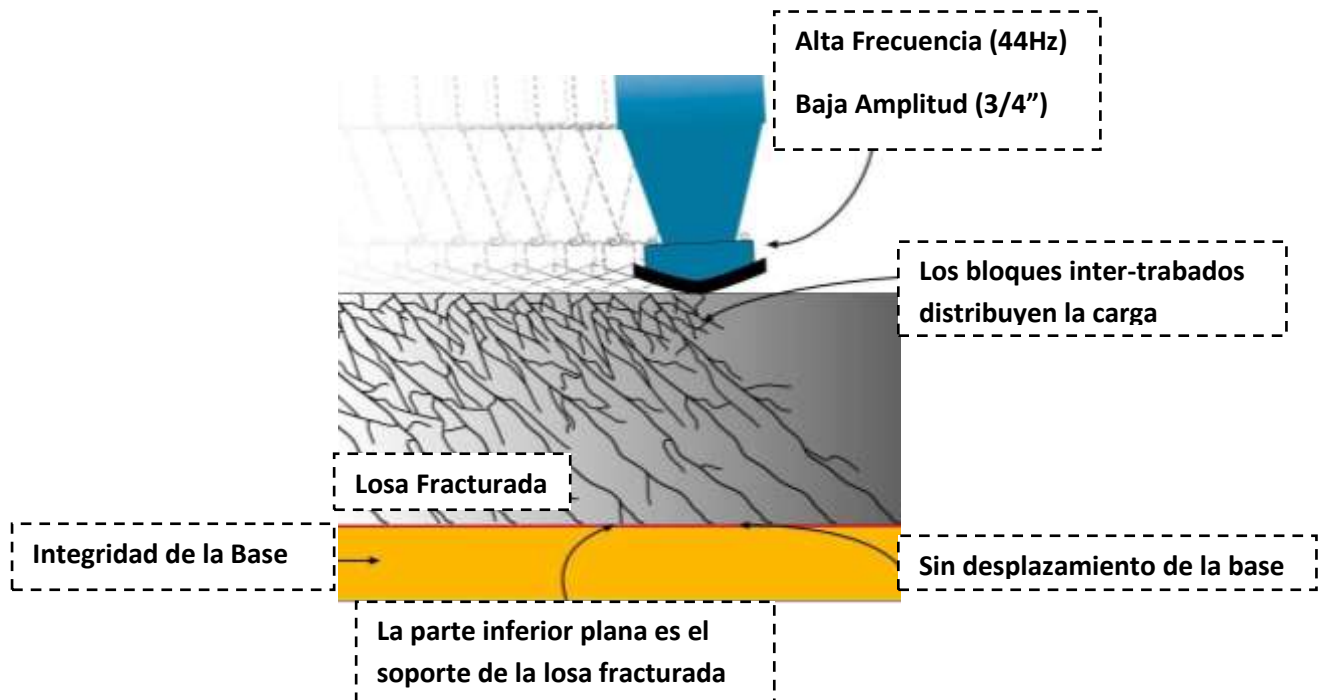
Técnica mediante la cual se puede fracturar losas de hormigón en piezas angulares entrelazadas por medio de la "vibración resonante". Esta tarea comprende la rehabilitación del pavimento de hormigón utilizando la técnica de pulverización/triturado de las losas del pavimento de hormigón existente, mediante el empleo de un equipo rompedor resonante.¹

Es un efecto combinado de trituración y fracturación de la losa de hormigón en todo su espesor para convertir esta, en una base granular de alto módulo.

Este proceso se realiza con un dispositivo especialmente diseñado, conocido como Demoledor Resonante, el cual fractura y pulveriza el hormigón transformándolo en una base granular de gran resistencia.

Esta técnica no altera las condiciones originales de la subbase y subrasante existente, debido a que la energía de demolición aplicada es absorbida completamente por la losa de hormigón. La mayor ventaja en la rehabilitación de pavimentos de hormigón es que, por el tamaño de las partículas, producto de la demolición, no produce reflejo de fisuras o juntas, como lo sería un refuerzo de concreto asfáltico sobre hormigón.

ROMPEDOR RESONANTE



Cabe señalar que la tecnología de haz de resonancia, no destruye la subrasante como bien dijimos. A diferencia de otros métodos, incluyendo los de caída de martillo, ya que fractura la losa en una baja amplitud y alta frecuencia en un ángulo de plano de corte de 45°.

La Máquina de Resonancia

Estas máquinas de resonancia han estado operando desde 1984, como subcontratistas en las carreteras y pistas de aeropuertos en todo Estados Unidos e internacionalmente.

Esta máquina posee el patentamiento de la misma, bajo la firma RMI, la cual lidera la industria en la rehabilitación de caminos. Hasta la fecha, ha completado trabajos en 45 estados de Estados Unidos y ha triturado carreteras en China, Rusia, Europa del Este, Canadá, América Central y del Sur.

Cada máquina de resonancia es capaz de romper hormigón de hasta 26 centímetros de espesor a una velocidad de aproximadamente, un kilómetro y medio por día.

Según la especificación técnica, el equipo pulverizador/triturador debe estar equipado con una viga resonante y martillo rompedor, que pueda golpear el pavimento de hormigón existente a una frecuencia entre 30 -50 Hz y con una amplitud controlada entre 10 – 25 mm.

El peso del martillo varía según el espesor del pavimento y de acuerdo a las indicaciones del equipo en particular y el ancho del martillo rompedor, el cual puede ser de 20 o 25 cm.²

1. <http://cl.resonantmachines.com/>

2. <http://cl.resonantmachines.com/Fragmenta%C3%A7%C3%A3o/tabid/340/Default.aspx>

El equipo de compactación debe ser un rodillo liso vibratorio tándem, con amplitud y frecuencia variable. El rodillo vibratorio deberá tener un peso mínimo de 10 toneladas y deberá estar en muy buenas condiciones mecánicas.

Descripción Gráfica del Equipo

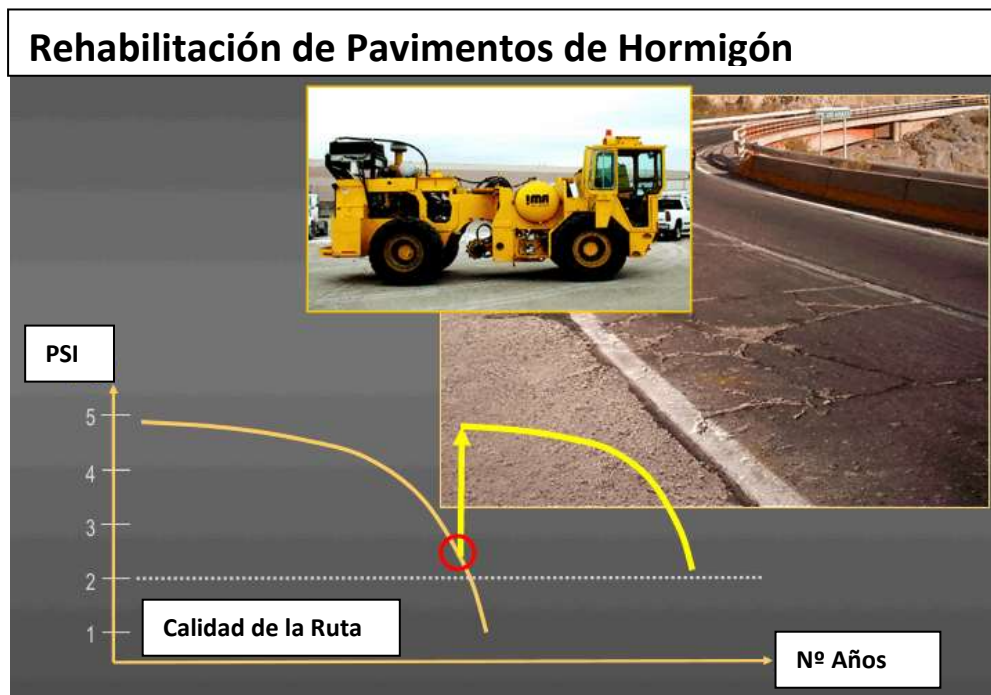


La máquina dispone de una cámara integrada de infrarrojos para controlar el área de trabajo y sofisticados controles electrónicos que ayudan a supervisar y optimizar el rendimiento.



Ventajas

- ▶ Triturar una superficie de hormigón es 60% más barato que extraer y reemplazar el Hormigón.
- ▶ Esta técnica, reduce el tiempo de reconstrucción y los días de corte de rutas o de desvíos, con una pronta habilitación al tránsito, proporcionando un gran ahorro a los contratistas y reducción del impacto sobre los usuarios.
- ▶ Tiene la ventaja de generar escombros de Hormigón, es decir es favorable para el medio ambiente.
- ▶ Posee beneficios relacionados a la reducción de los costos en agregados y mano de obra.
- ▶ Una máquina demolidora puede triturar un kilómetro y medio de carril por día (7.000 metros cuadrados).
- ▶ Máquinas múltiples se pueden utilizar en tiempo de proyectos sensibles.
- ▶ El espesor del pavimento dicta la velocidad del proceso.
- ▶ “Rubblizing” crea una base óptima de agregado de hormigón existente y reduce o elimina la reflexión de grietas en la repavimentación.



Metodología de Trabajo

El equipo triturador, debe pulverizar la sección del pavimento de hormigón en su espesor completo, avanzando longitudinalmente a lo largo del eje del camino y haciendo vibrar el martillo rompedor a una frecuencia y amplitud pre-fijada.

El pulverizado se debe realizar idealmente en toda la calzada disponible. Si esto no es posible debido a condiciones de proyecto o de tránsito, el equipo debe siempre triturar losas hasta sus juntas longitudinales y transversales.

Una losa de hormigón no puede quedar parcialmente triturada.

Es recomendable que el proceso de pulverizado comience en el borde libre de la losa de hormigón. Debe entenderse como borde libre la zona contigua a la banquina existente o una faja de material previamente pulverizado.

El proceso debe ser secuencial, es decir, una vez que se ha pulverizado una faja, se debe pulverizar la faja paralela adyacente, hasta completar el ancho completo entre ambas juntas longitudinales.

Si existiera acero de refuerzo en la superficie del pavimento pulverizado, este no debe removerse. En el caso que pedazos de acero sobresalgan de la superficie, estos deberán ser pintados de rojo y removerse lo antes posible con equipo de corte para evitar cualquier daño a la máquina trituradora y a los equipos de construcción. Los pedazos de acero que sobresalgan no podrán ser arrancados y solo podrán ser cortados al ras de la superficie triturada.

Una vez triturado el pavimento y previo al proceso de rodillado del material, eventualmente se puede realizar un riego con agua sobre la superficie mediante camiones regadores provistos de una barra con aspersores con el objeto de controlar la migración de finos hacia la superficie pulverizada y evitar que entren en suspensión. Se recomienda un máximo de 0,5 l/m².

Está estrictamente prohibido transitar, maniobrar y estacionar camiones o maquinaria sobre el material triturado. Solo se permite que el camión regador y los camiones proveedores de mezcla asfáltica puedan transitar sobre el material.

Deberá controlarse el tamaño del material triturado, el cual deberá ser menor a la mitad del espesor de la capa de hormigón. Eventualmente podrían quedar trozos mayores en el borde del pulverizado ya que la disminución del confinamiento pueda afectar el proceso de fractura. En este caso el Supervisor de Obra evaluará la conveniencia de volver a triturar, cuidando de no afectar el confinamiento de la sección triturada.

Deberá limitarse la superficie diaria a pulverizar de acuerdo a la capacidad de producción de la planta y equipos asfálticos, de manera de cubrir la superficie inmediatamente después de finalizada su trituración.

El proceso de rodillado consistirá, en al menos 4 pasadas de rodillo liso vibratorio tándem de 10 Toneladas. Es recomendable realizar el rodillado inmediatamente al término de la operación de triturado. El mismo se realizará a baja amplitud y alta frecuencia. La velocidad del rodillo no podrá superar los 6,5 km/hora (1,8 m/seg). Una vez finalizado el rodillado del material se podrá colocar la capa asfáltica. Las maniobras del rodillo deberán ser lentas y evitar giros, aceleraciones y frenados bruscos.

Si transcurre mucho tiempo entre el triturado y la colocación de la capa de recapado asfáltico y a su vez se observa que por efecto de las diferentes operaciones de construcción el material se encuentra suelto en la superficie, se deberá realizar un rodillado adicional con un máximo de 2 pasadas inmediatamente antes de la colocación de la capa asfáltica.³

3. Especificación Técnica Particular de la Obra: RNN89 – S. Corral-Taboada

Limitaciones del “Rubblizing”

Las condiciones limitantes son a menudo, en zonas inundables, con cantidades de agua atrapada en las capas inferiores o con un alto nivel freático lo que contribuye a la retención de agua debajo de la losa, y en las zonas donde la base se compone de una arcilla muy húmeda con sedimentos incrustados en la arcilla.

Indicios de que una zona puede no ser adecuada y deba ser reemplazada se puede ver, cuando el interruptor resonante deja surcos de los neumáticos de 5cm o más. Estas áreas no se sostienen y debe ser eliminadas y reemplazadas.

Rendimiento

El rendimiento del proceso es de 700 m² /hora o 1.5 km / carril por día.

En nuestro caso en particular al ser el ancho de carril de 3,60 m y por la metodología de trabajo propuesta un Km, era realizado en una hora por día.

Precio de tareas previstas

ITEM	UNID	\$/UNID*
PROCESO DE DEMOLICION DE CALZADA DE HORMIGON EXISTENTE	m ²	398,33
CONSTRUCCION DE BASE ESTABILIZADA GRANULAR	m ³	1.644,09
CONSTRUCCION DE BASE NEGRA PARA RESTITUCION DE GALIBO. (Incluido riego de liga)	m ²	285,82
CONSTRUCCION DE BASE NEGRA e = 0,06 mts. (Incluido riego de liga)	m ²	249,94
CONSTRUCCION DE CARPETA CON CONCRETO ASFALTICO e=0,06 mts (Incluido riego de liga)	m ²	260,93
BACHEO PROFUNDO en sector losa demolida	m ³	319,75

*A valores de la ultima adecuación provisoria – Mayo 2016



Descripción de la Propuesta en Ruta Nacional N° 89

La técnica arriba mencionada fue utilizada en la Ruta Nacional N° 89 en la Provincia de Santiago del Estero. La ruta Nacional 89 es de gran importancia ya que es un paso obligado para el comercio con Brasil, Paraguay, Uruguay. Es llamada la ruta del Mercosur.



Es de mencionar que se han utilizado los datos de la División Tránsito de la DNV del año 2014 en cuanto a su composición ya que en el año 2015 solo se cuenta con Censo de Cobertura, que si bien actualmente el TMDA 2015 del tramo es de 1220 veh/día,³ se evidencia un crecimiento desde el año 2005 en un 50% aproximadamente, y se estima que será mucho mayor, debido a que actualmente el tránsito se encuentra restringido dada las condiciones de la ruta, y el puente metálico de 4 mts de ancho que data de 1905 y se encuentra con limitación de carga.

Se denota en el Censo de Clasificación del año 2014, que del total de vehículos censado por la DNV el 41,6% corresponde al transporte de vehículos pesados.

cerrar

DNV GPIC - SPPV - División Tránsito

Año: 2014

[Atras](#)

Ruta: 0089

Nº Distrito	Distrito	Límites del Tramo	Ini.	Fin	TMDA
16	S. del Estero	SUNCHO CORRAL (SAL.) - INT.R.N.34 (TABOADA)	492,55	523,59	1100

Censo Cobertura

Clasificación

Año	Mes	Horas	Autos y Ctas.	Bus	S/A	C/A	Semi	TMD	Cant. Puestos
2014	8	48	58,4	2,5	6,3	18,9	13,9	0	1

Velocidad

Estimador	Liv	Otros
P85	121,1	85,3
VM	96,5	75,4

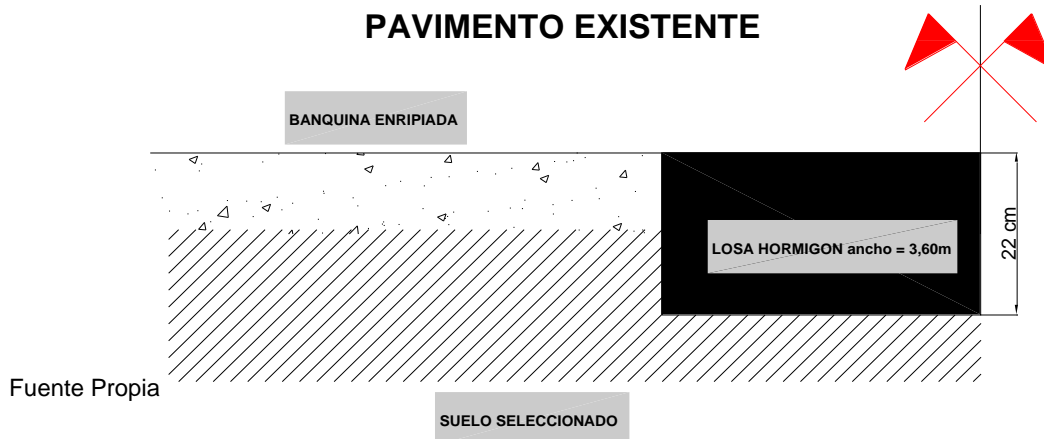
3. http://transito.vialidad.gov.ar:8080/SelCE_WEB/intro.html

El tramo de obra en cuestión comprende desde la ciudad de Suncho Corral hasta la localidad de Taboada en el empalme con la Ruta Nacional N°34 comprendiendo una longitud de 33 Km.

Obra : Ruta Nacional N° 89
Tramo: Suncho Corral – Empalme RNN34 - Taboada
Contratista: Construcciones del Estero S.A. – U.T.E.
Monto de Contrato a valores de la 15 Adecuación Provisoria \$235.161.245,58



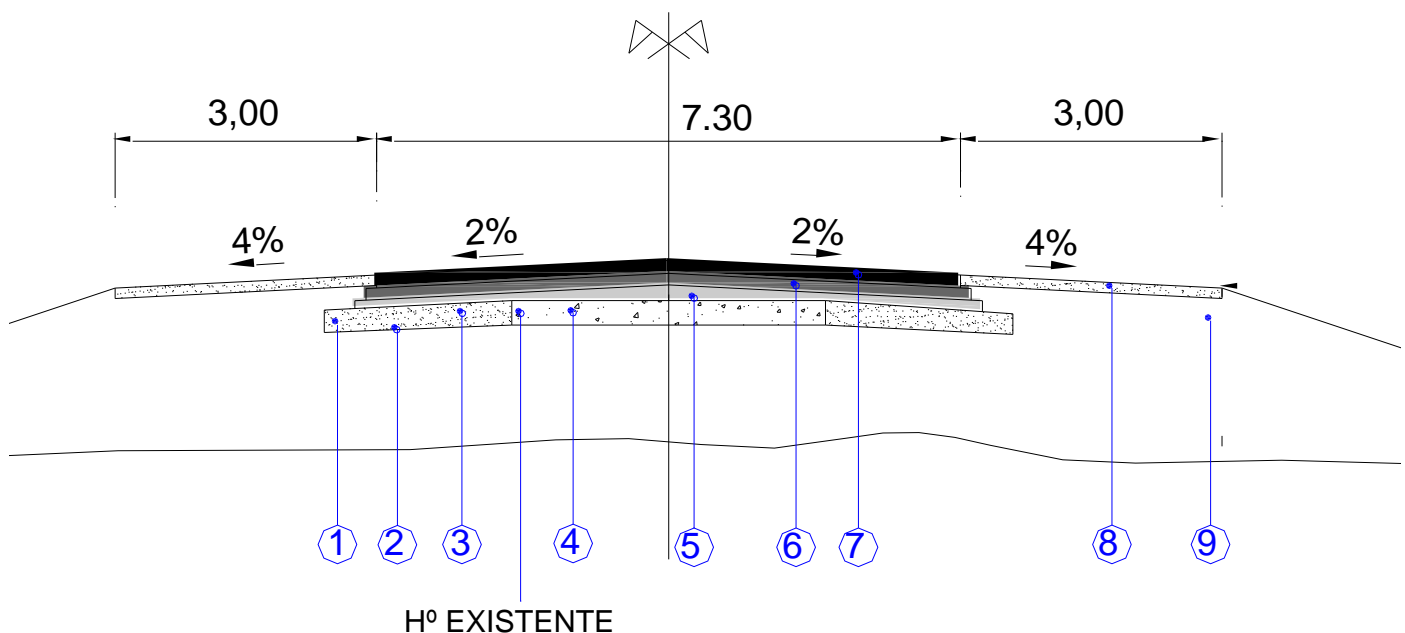
La ruta en cuestión estaba conformada por una calzada de hormigón de 3,60 m de ancho, de losas de 22 cm. de espesor apoyadas sobre terreno natural compactado. Se propuso llevar la calzada existente a un ancho total de 7,30 m. El ensanche se efectuaría con una base estabilizada granular y sobre la misma una estructura de concreto asfáltico.



Se propuso rehabilitar el pavimento existente mediante un diseño flexible utilizando la técnica "Rubblizing". en donde se trituró el pavimento de hormigon de espesor medio de 22 cm. Sobre el hormigon fracturado se propuso el siguiente paquete estructural:

- 1) Ensanche hacia ambos lados del hormigon triturado en 2,30m de ancho y 0,20m de espesor
- 2) Apertura de caja en 0,20 de espesor y compactación de subrasante.
- 3) Base Granular en el ensanche de 2,30m de ancho y 0,20m de espesor con imprimacion reforzada
- 4) Demolición de losas de hormigón por resonancia
- 5) Capa de base negra de 0,06m de espesor minimo para restitucion de galibo y 7,50m de ancho
- 6) Capa de base negra de 0,06m de espesor y 7,40m de ancho
- 7) Capa de Concreto asfaltico de 0,06m de espesor y 7,30m de ancho
- 8) Banquina de estabilizado granular de 3,00m de ancho y 0,10 m de espesor
- 9) Terraplén con compactación especial

PERFIL APLICADO EN OBRA



Se analizó esta opción por dos motivos principalmente:

- ▶ Por el pasivo ambiental, producto de la demolición del Hormigón
- ▶ Porque era una ventaja tangible la rápida habilitación al tránsito, ya que los desvíos debían realizarse, en una zona de camino estrecha (Z.C. = 40 m). Lo cual resultaba peligroso la conformacion de los desvíos por periodos prolongados que hubiere significado la construcción de pavimento de Hormigón

Cabe mencionar, que dentro de la propuesta, no se consideró el uso de drenes longitudinales, recomendados para esta técnica, por dos motivos, en primer lugar presupuestarios y en segundo lugar se tomó como experiencia lo implementado en la provincia de Sta Fe. Además por considerar que la zona circundante a la obra posee bajas precipitaciones anuales y un buen escurrimiento de las cunetas laterales, las cuales funcionan por percolación. Encontrándose la base existente seca y firme, luego de calicatas realizadas cada 2km. A su vez en estas últimas se observó que como se mencionó con anterioridad las losas se encontraban apoyadas sobre terreno natural compactado, con lo cual se observó que no había impedimentos para un buen drenaje.

Verificación Estructural

El estudio de la capacidad estructural de una losa que ha sido sometida a este proceso de demolición, resulta necesario debido a que en el de diseño de espesores de refuerzo, se requiere asignar un valor estructural a la losa triturada/fracturada. Sin embargo, debido a la forma en que la losa queda triturada y fracturada, solo puede evaluarse su capacidad estructural remanente in situ. En el cálculo estructural, se asignaron los coeficientes de aporte estructurales a cada tipo material. Al material triturado resultante de la técnica rubblizing, según las experiencias e investigaciones en Chile por ejemplo, recomiendan utilizar valores entre 0,20 a 0,30

De lo enunciado se evidencia, en nuestro caso que el S_{Neff} entre el ensanche y el “Rubblizing” serían muy dispares entre si.

Como experiencia en la Argentina se encuentra la Avda. de Circunvalación de Rosario donde los ensanches se realizaron con una base granular cementada para equiparar la capacidad portante de ambos materiales.

Esa opción no era válida en nuestro caso, ya que incrementaba el presupuesto de la obra de manera significativa.

Además recalculando el Número estructural efectivo del paquete propuesto se obtuvo:

CAPA	ESPESOR (CM)	COEF. APORTE	COEF. DRENAJE	S _{Ni}
Carpeta Asfáltica (incl. R. Liga)	6	0.17		1.02
Base Negra (incl. R. Liga)	6	0.17		1.02
Base Negra (incl. R. Liga)	6	0.17		1.02
Base Producto de la Demolición Resonante	20	0.094		1.88
Total S_{Neff}				4.94

Fuente Propia

Experiencia en Chile $a_2=0.24 \times \text{Pulg} = 0.094$

$$S_{Neff} = a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

D_2 = Espesor de losa fracturada

D_3 = Espesor de base

a_i = Coeficientes de aporte

m_i = Coeficientes de Drenaje

El proyecto de ingeniería original consideró las recomendaciones internacionales para suponer el coeficiente estructural del Rubblizing. Para caracterizar el material triturado se utilizó un coeficiente estructural igual a 0,24. AASHTO recomienda un rango entre 0,14 y 0,30.

Con todos estos datos el **SNff resulta igual a 4.57** siendo la estructura propuesta acorde a lo requerido Donde:

SNf estructura propuesta es mayor al requerido tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE SEGUN EL METODO AASHTO 1993		
W18	= 14.803.453	Número de cargas de 18.000 Lbs. (80 KN.)
So	= 0,49	Desvío standard de todas las variables.-
S inicial	= 4,2	Serviciabilidad inicial prevista para el proyecto
S final	= 2,5	Serviciabilidad final prevista para el proyecto
Perd.s	= 0,0	Pérdida de Serviciosibilidad (por exp. Heladas etc.)
ΔPSI	= 1,7	Pérdida de Serviciosibilidad prevista en el diseño
M_R	= 9.624	Módulo Resiliente de la subrasante
R	= 80	Confiabilidad
Zr 0	= -0,841	Abscisa corresponde a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada
SN.	= 4,57	Nº estructural de diseño
M_R = B*CBR Si CBR < 10% B= 1500 (M_R en psi), B puede variar entre 750 y 3600		
		= 9.624 psi

Fuente Propia

Se realizaron una serie de estudios de ingeniería previos a la ejecución del Rubblizing para medir aquellos parámetros que podrian introducir variabilidad en los resultados Se consideraron los siguientes estudios:

- ▶ Evaluación y diagnostico de las fallas que presentaba la base de asiento de las losas hormigón a fin de detectar aquellas zonas en donde las fallas podrian estar asociadas a un colapso de la sub-rasante o problemas de drenaje. No se identificaron problemas de drenaje, pero si problemas de bombeo de losas.
- ▶ Calicatas al borde de las losas de hormigón para verificar espesores de la losa, la cual era de 22 cm, en su gran mayoría, habiendo de mayor y menor, pero en promedio general cumplia con el espesor de proyecto original.
- ▶ Se realizo un estudio del suelo, en base a la excavación de estas mismas calicatas en los bordes del paviemento, se extrajo material para clasificar suelos.

Experiencia

Estado de la ruta antes de la obra:

El tramo mencionado presentaba presentaban innumerables reparaciones de diferente índole con concreto asfáltico, con hormigón. Además el entrecruzamiento de los vehículos en diferentes direcciones se efectuaba a media calzada, por lo cual, las banquetas originalmente de ripio se encontraban contaminadas de suelo.

Se relevaron las losas fracturadas por efecto del bombeo resultando de la longitud total del tramo, un 20% aproximadamente.

A continuación en imágenes, se pretende brindar un panorama de la situación y problemática del tramo a intervenir:



Imagen 1: Vista losas fracturadas

y bacheo bituminoso



Imagen 2: Banquinas en mal estado

contaminadas con suelo



Imagen 3: Reparación de losa con concreto asfáltico



Imagen 4: Reparación de losa con Hormigón



Imagen 5: Reparación de losa fracturada con concreto asfáltico



Imagen 6: Vista General del Tramo

Tareas previas

Como tareas previas a realizar la técnica de rubblizing, se sanearon los sectores con hundimientos donde existía bombeo en las losas.

Además la obra debía contar con los ensanches granulares realizados, ya que el material resultante de la trituración de las losas no podía quedar expuesto, ni al tránsito ni a la humedad, pudiendo esto ocasionar que se ablandara la subrasante.

Por lo expuesto requería de coordinación y especial cuidado en los desvíos y señalización transitoria



Imagen 7: Cartelería de Obra en Lado Descendente



Imagen 8: Desvíos transitorios



Imagen 9: Conos delineadores en zona de obra

El trabajo consistía en abrir caja en 2,30 m de ancho y 20 cm de profundidad y compactar el fondo de caja.



Imagen10: Apertura de caja para ensanche granular, con motoniveladora, entre Prog. 23000 a 19000 (AL).

Imagen 11: Compactación de la sub-rasante del ensanche granular, con (8) pasadas de rodillos lisos vibrantes autopropulsados



Imagen 12: Compactación de la sub-rasante del ensanche granular, con (6) pasadas de rodillo neumático autopropulsados, previo humedecimiento.



Imagen 13: Ensayo de densidad en cada capa de 15 cm de espesor de la sub-rasante compactada del ensanche granular.



Imagen 14: Aporte de material pétreo para base, desde acopio en campamento.



Imagen 15: Humedecimiento, homogeneización y acomodamiento del material pétreo para base, con recicladora aprovisionada de agua desde tanque.



Imagen 16: Compactación del ensanche granular, con rodillos lisos vibrantes autopropulsados.



Imagen 17: Ensayo de densidad en el ensanche granular terminado, entre Prog. 23000 a 19000



Podemos decir que la tarea del “rubbizing” no puede ser vista como una tarea aislada ya que requiere de mucha logística de obra y cierta solvencia de la contratista, para poder llegar a esta etapa, en si relativamente sencilla, comparada a las tareas previas.

Imagen 18: Inicialmente se enrasó y niveló la Base Estabilizada Granular y luego se aplicó Riego Asfáltico para Imprimación reforzada del Ensanche Granular.



Se dispuso trabajar 1000 mts por día y como el material triturado producto de esta técnica no puede quedar librado al tránsito ni en contacto con agua, se dispuso la siguiente metodología de avance de obra:

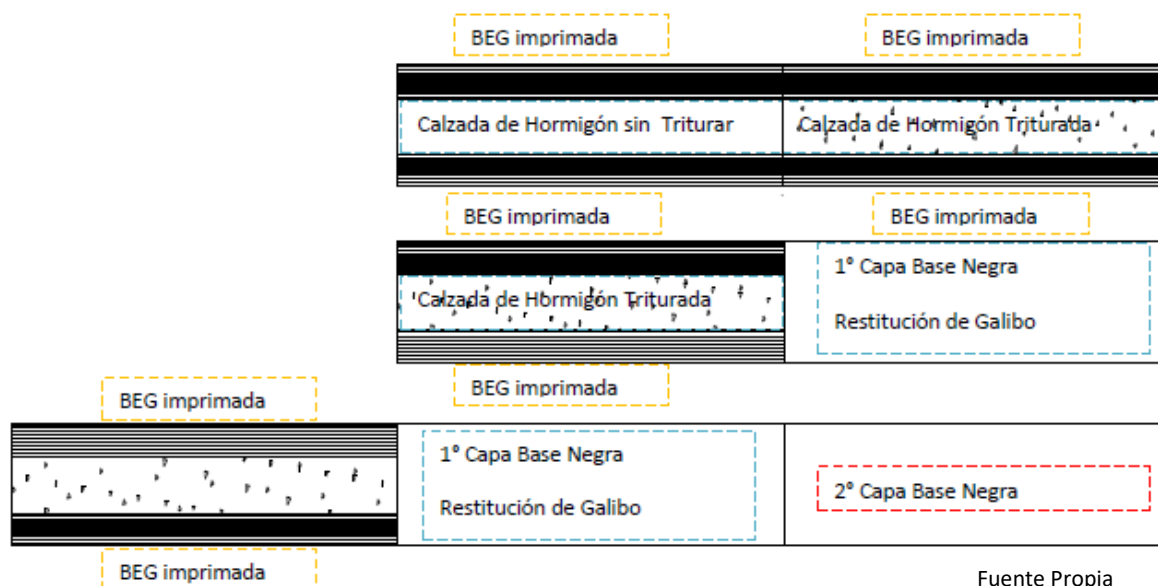


Imagen 19: Esquema de Trabajo

Es decir para comenzar las tareas de rubblizing, primeramente se debía contar con los ensanches Granulares de 2,30 m y 0,20 m de espesor controlados e imprimados.

Cabe aclarar que si bien el ensanche granular proyectado era de 2,10m de ancho, se ejecutaron en 2,30m debido a una practicidad constructiva ya que la reclamadora posee este ancho de trabajo.

Luego se comenzaba a triturar el hormigón en 500 m de longitud y en 3,60 m de ancho. En la misma jornada se completaba la pavimentación de la primera capa de base negra de 0,06 m de espesor mínimo, la cual debía restituir el gálibo.

En la jornada del día siguiente se trituraba otro tramo de 500 mts. En tanto se pavimentaba la segunda capa de base negra de 0,06 m de espesor del día anterior y luego se completaba la jornada laboral pavimentando la primera capa de la demolición del día. Para completar la jornada se calzaba la banquina con suelo. Así sucesivamente, por día se demolían 500mts, se pavimentaban 1000 mts entre primera y segunda capa en ambos lados y se calzaban 500mts de banquina.



Imagen 20 y 21: Secuencia de trabajo, trituración por franjas acordes al ancho de la plancha de demolición de la máquina, aproximadamente de 20 cm.





Imagen 22 y 23: Comienzo de una jornada de trabajo



Esta técnica al llegar al borde opuesto al que comenzó, presentaba hundimiento ya que el hormigón no se encuentra confinado, a diferencia, del inicio de la tarea, donde siempre se encuentra confinado con la losa de hormigón contigua.



Imagen 24 y 25: material de Base granular agregado y rodillado.





Imagen 27 y 28: Rodillado de material pétreo en borde no confinado



Imagen 29: Paso del Rodillo autopropulsado para acomodar las piezas producto de la demolición



Imagen 30: Vista luego de haber pasado un rodillo autopropulsado a los fines de acomodar las piezas de hormigón triturado



Imagen 31: Soplado de material suelto y polvo antes de realizar el riego de liga y la base negra



Imagen 32: Riego de liga sobre material granular imprimado



Imagen 33: Control de espesor en la pavimentadora.



Imagen 34: Equipo de compactación sobre primera capa de base negra.

Una vez terminada la segunda capa de base negra, se realizaron mediciones con Deflectómetro dinámico “Lacroix” perteneciente al Tercer Distrito de la provincia de Tucumán.

En este punto es importante considerar, los tiempos de disponibilidad de los equipos de auscultación, a los fines de detectar falencias constructivas y subsanarlas lo más rápido posible.



Imagen 35: Camión operando, midiendo deflexiones



Imagen 36: Vista de la pantalla del equipo “Lacroix”

En general tanto las Deflexiones como los Radios de Curvatura arrojaban valores acorde a la capa construida. Salvo un punto que fue informado in situ, donde se denotaba, en la Progresiva 28.000 valores elevados de las deflexiones.

A los días de haber recorrido la obra, el Lacroix, se presenta un gran hundimiento y bache en la progresiva citada, lo cual motivó a comenzar a abrir el paquete estructural construido.

Encontrándonos con la subrasante totalmente embebida en agua con un alto valor de humedad. Llegando a excavar hasta aproximadamente hasta 1,80m -2,00m.



Imagen 37 – 38: Ruptura del pavimento existente



Imagen 39 – 40: Relleno con material de Base Granular



Analizando lo sucedido, se desprende que en la zona del hundimiento se encuentra un canal de riego y en sus inmediaciones un campo dedicado al cultivo de la soja con pendiente hacia la ruta.

Se conjugaron dos factores:

- El canal de riego constantemente desbordaba hacia la cuneta de la ruta
- Y previo al evento extraordinario hubo precipitaciones copiosas.

Por lo cual hubo una saturación de la sub-rasante con pérdida de compacidad

Una vez saneado y evitando el ingreso del agua a los terraplenes del camino, a través de rectificación del canal, cuneteo y relleno con suelo producto de lo retirado, el cual se depositó en inmediaciones de la zona de camino y el campo, evitando así el ingreso del agua proveniente del campo.

Por lo cual tal vez este sector puntual, podría haberse detectado con anterioridad y subsanado con el uso de drenes, según las recomendaciones pertinentes.

Luego se continuó con el tren de avance de la pavimentación.

Imagen 41: Terminadora asfáltica en ejecución



Imagen 42: Equipo de compactación



Imagen 43 – 44: Controles en el laboratorio de la obra de la inspección



La segunda capa de base negra fue liberada al tránsito y expuesta al mismo, por un periodo aproximado de 12 meses en algunos casos, la cual si bien se comportó acorde a su diseño, se produjeron fisuras y desplazamiento de la mezcla en la zona de los ensanche.

Creemos que por problema del riego de liga, con un tiempo insuficiente para el corte y porque los picos realizaban un riego no uniforme. Dichos sectores los cuales fueron previamente identificados se fresaron y bachearon previo a la construcción de la carpeta.

Imagen 45-46: Bache abierto en capa de base negra



Imagen 47-48: Tren de avance de pavimentación desde la progresiva 18.000 a la 32.000 (carpeta asfáltica)





Imagen 49: Tareas de compactación

Y conjuntamente a medida que se avanzaba con la carpeta se iban calzando las banquetas de acuerdo a la fórmula presentada de Banquina enripiada



Imagen 50: Uso de la recicladora para la confección de las banquetas



Imagen 51-52: Recicladora Terex



A fecha de junio del presente año, se han vuelto a tomar mediciones de deflexiones, ya sobre carpeta asfáltica terminada, denotando mayores deflexiones sobre la Huella Derecha en el sentido ascendente que sobre la Huella Izquierda y viceversa en el sentido descendente.

GERENCIA DE PLANEAMIENTO, INVESTIGACIÓN Y CONTROL										DEFLEXIÓN LACROIX
DIVISIÓN RELEVAMIENTOS - SECCIÓN EQUIPOS DE EVALUACIÓN										
RUTA Nº R89										KILOMÉTRICA WDM
TRAMO: SECCION: KM. 495,20 - KM. 523,59										
PROVINCIA: SANTIAGO DEL ESTERO					DISTRITO: 16					
OPERADOR: BRAVO FIGUEROA, JULIO					CARRIL: 1					
PROGRESIVA INICIAL: 504,65 [Km]					SENTIDO: A					
DEFLECTÓGRAFO LACROIX Nº 5 RN 11					FECHA: 02/06/2016					
VALORES DEL TRAMO		HUELLA IZQUIERDA				HUELLA DERECHA				Eventos
Progresiva inicial [Km]	Progresiva final [Km]	Dm [mm/100]	Dc [mm/100]	RCm [m]	RCc [m]	Dm [mm/100]	Dc [mm/100]	RCm [m]	RCc [m]	
Medio del tramo		31,2		685		46,1		347		Total del Tramo
Caract. del tramo		38,1		294		63,5		140		Total del Tramo
504,65	505,65	30,0	36,2	771	372	44,0	60,6	423	209	
505,65	506,65	31,2	38,1	622	321	55,0	76,6	299	145	
506,65	507,65	31,6	43,1	663	259	45,7	62,9	379	187	
507,65	508,65	28,6	33,9	741	356	45,0	59,8	351	179	
508,65	509,65	29,5	39,0	679	230	45,8	64,1	312	123	CONCEPCION - Esc. 555 (I)
509,65	510,65	30,7	36,9	624	240	39,3	56,3	317	104	
510,65	511,19	29,2	37,3	723	395	39,0	53,5	379	142	PROG. 511

Imagen 53: Cuadro Deflexiones medidas por deflectógrafo Lacroix

Analizando los resultados, las deflexiones medias determinadas, presentaron un incremento en la huella derecha, al comparar las deflexiones correspondientes a la Base Granular y la Base de Hormigón producto de lo triturado/fracturado. Este proceso deja una estructura altamente trabada, la cual posee una resistencia mecánica equivalente a un material de alto modulo en comparación con una base Granular de CBR mayor al 80%.

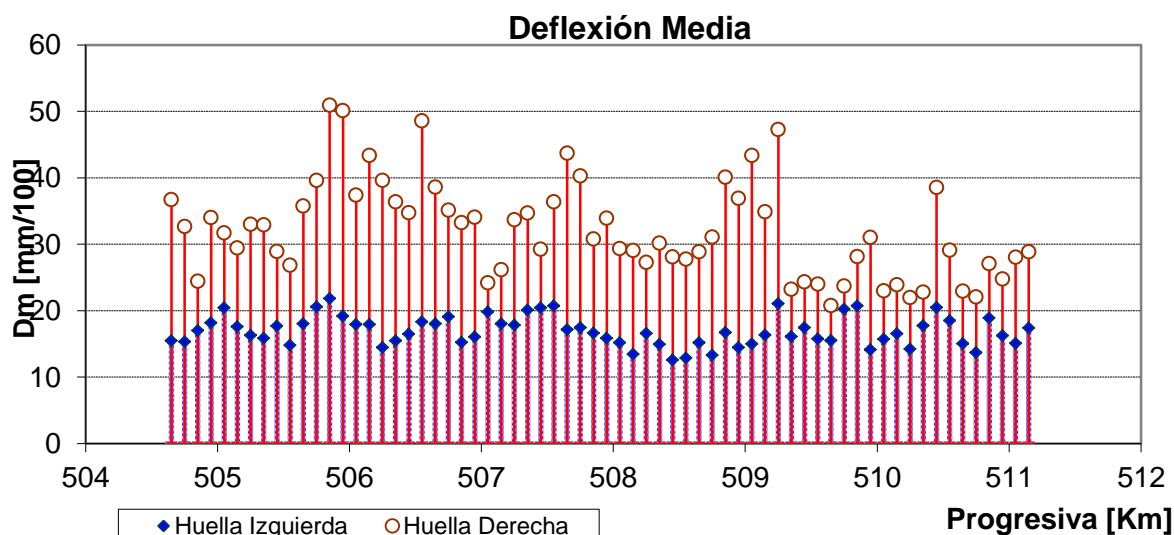


Imagen 54: Deflexión Media Km 504-512.

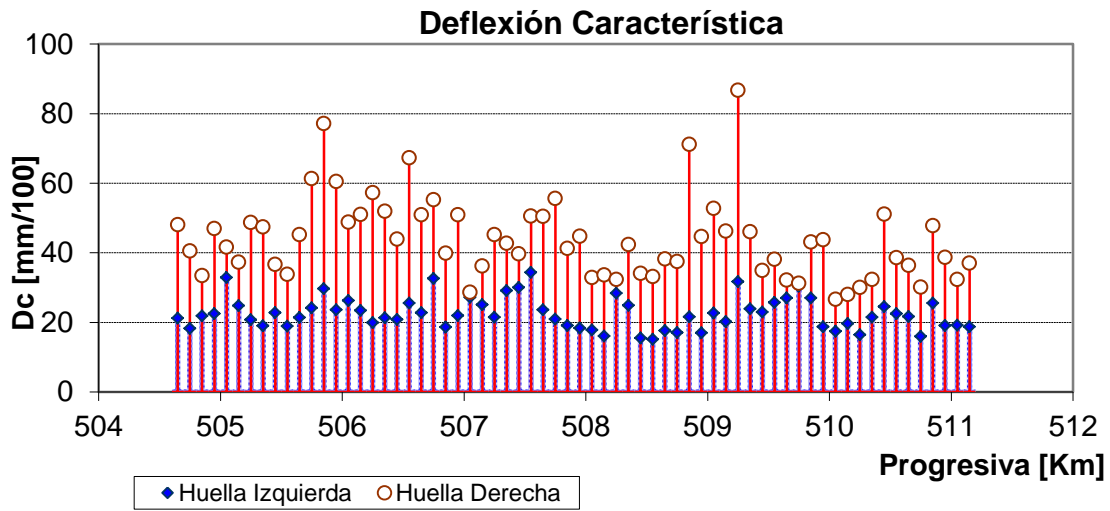


Imagen 55: Deflexión Característica Km 504-512.

Lo inverso sucede con el radio de curvatura, como es sabido.

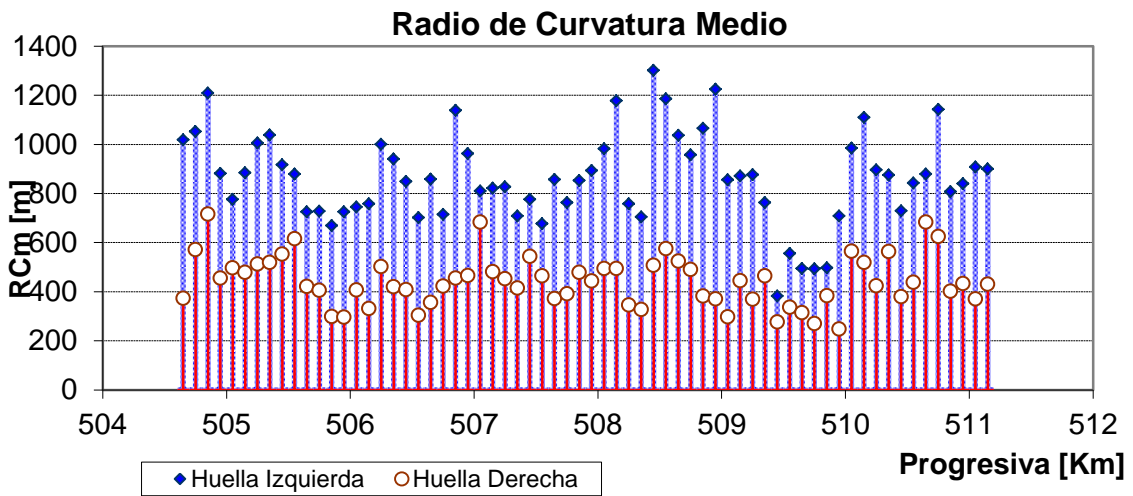


Imagen 56: Radio de Curvatura medio Km 504-512.

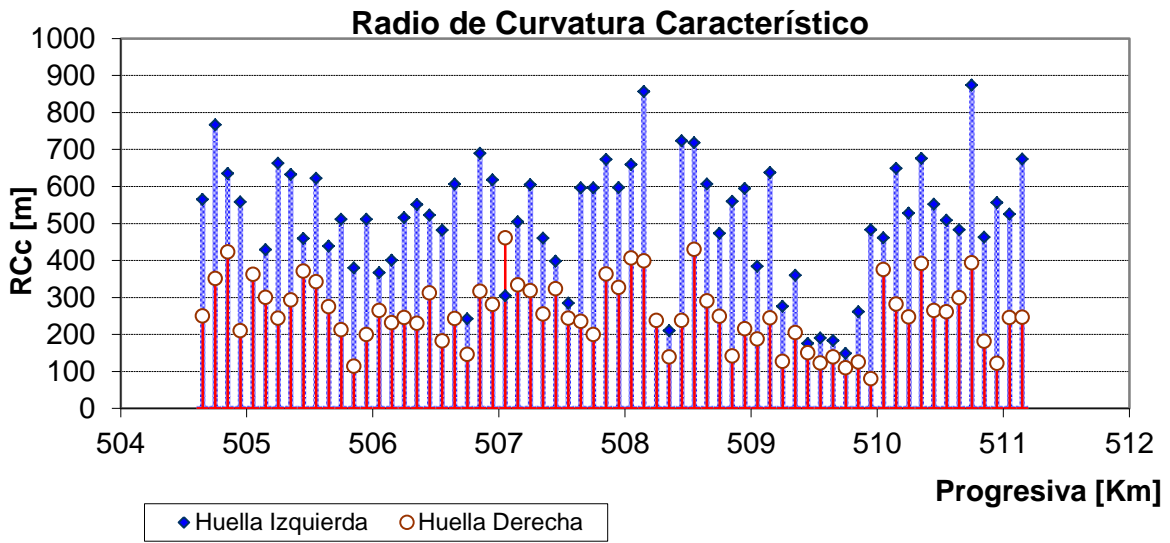


Imagen 57: Radio de Curvatura Característico Km 504-512.

Por lo expuesto se puede observar, tanto en las deflexiones como en los radios de curvaturas (Rc), la diferencia de casi el doble entre el ensanche granular y el resultado de la demolición por resonancia.

Conclusiones

La Técnica de demolición por Resonancia “Rubblizing”, trajo beneficios constructivos desde el punto de vista de la eficiencia, respecto a la rápida habilitación al tránsito en una zona de camino estrecha, donde los desvíos en obra suelen ser un problema, y ocasionan accidentes por mala señalización, desconocimiento, falta de mantenimiento de desvíos, obstrucción de cunetas etc.

En obras de gran longitud deberá observarse la disponibilidad de la máquina ya que nuestro país, no cuenta con recurso (asentada en Chile) contando con periodos de tres meses en la Argentina, por restricciones aduaneras, esto incide en el precio final del ítems: donde se suma las tasas e intereses de aduana más el transporte desde aduana al baricentro de la obra.

Se recomienda aporte de material granular en borde no confinado de las losas trituradas.

No existen antecedentes constructivos de ensanches con Bases Granulares, creemos que al tener dos capas de base negra más carpeta, retardará la fisura longitudinal. Se deberá evaluar su comportamiento en el tiempo.

Hubiera sido mejor una solución de ensanches granulares con cemento, pero esto afectaba sensiblemente el presupuesto disponible.

Esta técnica requiere de solvencia económica y mucha logística de obra.

En un próximo trabajo sería conveniente evaluar el coeficiente de aporte a través del retrocálculo, a los fines de establecer el valor real del mismo y establecer su incremento en el tiempo ya que su resistencia aumentará a medida que los trozos fracturados se ajusten completamente, producto de los procesos de compactación del tránsito.

Bibliografía

<http://cl.resonantmachines.com>

<http://cl.resonantmachines.com/Fragmenta%C3%A7%C3%A3o/tabid/340/Default.aspx>

Especificación Técnica Particular de la Obra: RNN89 – S. Corral-Taboada

http://transito.vialidad.gov.ar:8080/SelCE_WEB/intro.html

Guía AASTHO 93

Rehabilitación de pavimentos de hormigón empleando la técnica de trituración/fracturación (rubblizing). Evaluación capacidad estructural. G. Thenoux y M. González.