



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008  
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A030

## **Comportamiento acústico de carpetas de rodamiento en las calzadas del Acceso Oeste, Buenos Aires, Argentina**

Ricardo Hugo Torchioi, José Luis Saade, Ing. Edgardo Mazzei

Grupo Concesionario del Oeste S.A. Autopista del Oeste Km 25,92 - CP:1714. Ituzaingó. Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tel: +54 11 4489 8200. Cel: 15-5452-0351. E-mail: rtorchioi@gco.com.ar; jlsaade@gco.com.ar; emazzei@gco.com.ar

### **Abstract**

The selection of an asphalt mixture to be used as road coating depends largely on the project functionality. Noise generated by the wheel-surface interaction has an impact on passenger comfort as well as on the environment, particularly if the road is a highly circulated one and goes through urban areas. This paper describes the experience obtained on the acoustical behaviour of the paving used in the main lanes of the West Access (Acceso Oeste) of Buenos Aires city as regards rolling noise. Measurement results are shown and compared for traditional asphalt concrete and microgranular mixture with discontinuous granularity. Measurements were performed under real traffic conditions in different climate conditions. The acoustical behaviour of the new paving has been also retested after 10 months of its opening. All acoustic data are correlated with paving parameters at the time of measurements.

### **Resumen**

La elección de una determinada mezcla asfáltica para su utilización como carpeta de rodamiento, depende en gran medida de las características funcionales que el proyecto requiera. En este sentido el ruido generado por la circulación de los vehículos sobre el pavimento es uno de los parámetros que se relacionan con las condiciones de confort de los usuarios, impactando asimismo sobre el entorno, lo cual se torna mas significativo cuando se trata de vías de alto tránsito que atraviesan zonas urbanas. El presente trabajo describe la experiencia obtenida sobre el comportamiento acústico que presentan las carpetas de rodamiento utilizadas en las calzadas principales del Acceso Oeste a la ciudad de Buenos Aires, en relación a los ruidos de rodadura que se generan por el tránsito pasante. Se muestran y comparan los resultados de mediciones sonoras realizadas sobre carpetas de rodamiento elaboradas con mezclas de concreto asfáltico convencional y con microaglomerados de granulometría discontinua. Las mediciones se realizaron en condiciones reales de circulación del tránsito y con diferentes estados climáticos. Asimismo se compara el comportamiento acústico de la nueva capa de rodamiento luego de 10 meses de su habilitación al tránsito. Todos los valores sonoros medidos se correlacionan con las características y parámetros de los pavimentos en los momentos de las mediciones.

## **1 Introducción**

### **1.1 Autopista del Oeste - Descripción**

La Autopista del Oeste, integrante de la red de Accesos a la Ciudad de Buenos Aires, tiene una extensión de 55 kilómetros y es la vinculación con el oeste de la República Argentina.

Se conecta con la Avenida General Paz, 1° anillo de circunvalación de la Ciudad, y las Autopistas 25 de Mayo y Perito Moreno permitiendo a los usuarios un rápido y fluido desplazamiento entre la zona céntrica y una vasta región del Gran Buenos Aires.

La Autopista se encuentra dividida en cuatro tramos, los tres primeros formando parte de la Ruta Nacional N° 7 y el último formando parte de la Ruta Nacional N° 5.

El primer tramo, de cuatro carriles por sentido de circulación une la Avenida General Paz con la Ruta Provincial N° 4 (Avenida Vergara, Morón), este tramo habilitado en el año 1998, se desarrolla sobre una nueva traza y en una zona densamente poblada.

Con el objeto de disminuir el impacto ambiental, aproximadamente el 55 % de la longitud del tramo se construyó bajo el nivel del terreno natural.

La autopista está conformada por dos calzadas principales con 4 carriles de circulación cada una separadas por un cantero central con defensas tipo New Jersey, el cual al estar parqueizado y con arbustos actúa como barrera antiencandilante.

A los costados se ubican calles colectoras de 2 carriles que permiten mantener la accesibilidad a los vecinos los frentistas.

### **1.2 Sonido y Ruido**

El sonido es la respuesta de un medio elástico (en particular aire) a una excitación mecánica de un elemento que está inmerso o en contacto con él: voz, motor, parlante, que reciben la denominación de fuente sonora.

Las capas de aire en contacto directo con la fuente sonora, reciben los pequeños movimientos impulsos generados por ella, entrando en oscilación y transmitiendo su movimiento a las capas siguientes y así sucesivamente hasta hacer llegar este movimiento a capas más alejadas.

Se entiende entonces que el sonido es la transmisión de una información a través de un medio elástico, originada en una fuente sonora y que será capaz de ser percibida a distancia mediante algún detector (oído, micrófono, etc.).

Esta transmisión de la información recibida de la fuente genera una nueva forma de energía. La transmisión de esta energía a través del medio, provoca zonas de exceso y reducción de la presión atmosférica en forma alternada, llamada "presión sonora".

La presión sonora es entonces, la variación de la presión atmosférica con el paso de la señal acústica. La rapidez con que se producen estas variaciones está dada por la frecuencia que indica el número de tales variaciones por segundo. La interpretación subjetiva de la frecuencia es la altura de un sonido: a mayor frecuencia tanto más agudo se lo percibe.

Fisiológicamente el sonido es una sensación producida en el oído que aumenta con la presión de la onda sonora, relación que no es del todo lineal, pues sonidos de igual presión pero de frecuencias distintas no producen la misma sensación.

Pueden considerarse para el sonido tres regiones de frecuencia dentro del rango de interés para este trabajo: las frecuencias bajas, ubicadas por debajo de los 250 Hz, las altas ubicadas sobre los 2000 Hz y las medias ubicadas entre estos valores. Para frecuencias

menores se está en el campo de infrasonidos, mientras que sobre ellas, se está en el campo de los ultrasonidos.

El sistema auditivo de un ser humano percibe sonidos con frecuencias entre los 20 Hz y 20000 Hz.

Muchos sonidos son agradables o al menos no causan disturbios de ningún tipo. Estas interpretaciones son subjetivas e individuales. De esta manera, puede distinguirse un ruido de un sonido como todo aquel capaz de causar molestia o daño.

Existen varias características que contribuyen a que un sonido sea un agente molesto o dañino, siendo generalmente su volumen lo más relevante.

Independientemente de esta subjetividad, el exceso de ruido constituye un serio problema para el medio ambiente y un peligro para la salud pública. Los efectos sobre las personas pueden ser de varios tipos: fisiológicos (ocasionando pérdida de la capacidad auditiva y modificaciones del sistema vegetativo en exposiciones superiores al umbral de sensación desagradable, que se sitúa en 120 dB A)

### **1.3 Espectro de nivel sonoro**

Los ruidos pueden ser continuos cuando la frecuencia e intensidad apenas varían. Pueden ser fluctuantes, si estos parámetros varían, entonces su magnitud es más difícil de expresar, por lo tanto son representados por el nivel sonoro continuo equivalente que es el sonido medio, para el objeto del presente trabajo, es el que más nos interesa ya que el sonido generado por los vehículos es un ruido variable. Por último, y sólo por el hecho de mencionarlos existen ruidos de impacto, generados por disparos o golpes.

Es importante mencionar también que, como nos estamos moviendo en una escala logarítmica las sumas algebraicas de los niveles de ruido no son posibles, por lo que la suma de dos fuentes de ruido que generen 70 decibles, es 73 y no 140 decibles, es decir  $70 \text{ db} + 70 \text{ db}$  es igual a 73 db.

De la misma forma, si tuviéramos un ruido de tránsito de por ejemplo 70 dB, reducir 10 dB por el procedimiento que fuera, ya sea usando pavimentos determinados o pavimentos y pantallas contra ruido, la disminución lograda sería muy importante, ya que daría la sensación de que el ruido se ha reducido en su nivel a la mitad.

Cada fuente sonora está caracterizada por su espectro de potencia sonora que le es propio. Se trata de la discriminación de la energía sonora que emite por unidad de tiempo cada unidad de frecuencia. De este espectro surge el nivel sonoro en cada punto de un espacio abierto o recinto cerrado. El segundo es decir el nivel sonoro depende del primero (espectro de potencia sonora) a través de la distancia a la fuente, su directividad, dimensiones y geometría del recinto, su capacidad absorbente, ubicación de la fuente y el punto de recepción y las características atmosféricas (presión, temperatura y humedad ambiente).

Los sonidos más frecuentes tienen espectros continuos, es decir, que existe un valor de nivel sonoro para cada frecuencia.

Las bandas más utilizadas son las de ancho de octavas que se encuentran en las siguientes frecuencias: 16; 31,5; 63; 125; 500; 1.000; 2.000; 4.000; 8.000; 16.000 Hz.

### **1.4 Pavimento y Ruido**

El pavimento es, en su acepción más sencilla, el elemento de la carretera destinado a recibir a los vehículos y proporcionarles una superficie continua que permita la circulación. Esta superficie debe reunir una serie de características que hagan que la circulación sea segura, cómoda y silenciosa.

A efectos del análisis del ruido y de la influencia de las características superficiales en su formación, interesa recordar que se pueden diferenciar dos tipos de ruido: el ruido del tránsito compuesto por el ruido exterior de cada vehículo, y por el conjunto de todos y el ruido interior percibido por cada usuario en forma individual.

El ruido producido por el tránsito es generado por tres fuentes o motivos:

Ruido del motor.

Ruido del rozamiento del aire con el vehículo.

Ruido generado por el contacto del pavimento y el neumático.

Cabe mencionar como factores que influyen en la generación de ruidos del tránsito las pendientes de la traza y la fluidez del tránsito pasante, esto en lo que respecta a las obras de infraestructura. En lo que se refiere a los vehículos, el estado de conservación y la antigüedad del parque automotor son los factores que influyen en la generación de ruidos.

Uno de los mayores componentes del ruido producido por los vehículos puede llegar a ser, en determinadas condiciones, el originado por el contacto pavimento - neumático.

El ruido que se propaga en el interior del vehículo es también un factor de incomodidad y llegado el caso de inseguridad, ya que contribuye a la fatiga del conductor. Las variaciones de nivel de ruido interior son debidas predominantemente a la textura del piso por el que circula.

## 1.5 Características de las mezclas utilizadas en la carpeta de rodamiento

### Carpeta original

**Periodo de servicio:** Septiembre de 1998 a Diciembre de 2003

Tipo de mezcla	Características	Textura	Vacíos
Concreto asfáltico convencional	Mezcla densa (% de material que pasa el # 8 > 40 %), Aplicada en caliente en espesores iguales o superiores a cinco centímetros. Se utilizo en su elaboración cemento asfáltico convencional.	Entre 0.33 a 0.4 mm.  al momento de la medición de ruido	Entre  2 a 3 %.

### Micro concreto asfáltico discontinuo en caliente

**Periodo de servicio:** A partir de Diciembre de 2003

Tipo de mezcla	Características	Textura	Vacíos
Micro concreto asfáltico discontinuo en caliente	<b>F10</b> Colocada en los carriles 1 y 2. Mezcla con curva granulométrica discontinúa,	Entre  1,1 a 1,3	Entre  5 a 7 %.

	<p>con % pasa tamiz N° 8 entre 35 y 20. Diferencia entre los tamices N°4 y N°8 debe ser &lt; a 8%.</p> <p>Asfalto modificado con polímeros &gt; 5%.</p> <p><b>SMA</b></p> <p>Se utilizó en los carriles 3 y 4 (pesados),</p> <p>Mezcla con granulometría: pasa tamiz N°8 entre 22 a 28 %, incorpora fibras, alto % de pasa tamiz 200 entre 10 a 13%.</p> <p>Asfalto modificado con polímeros &gt; 6%.</p> <p>Se utiliza en ambas mezclas para su elaboración cemento asfáltico modificado</p>	<p>mm.</p> <p>Entre 0,9 a 1,15 mm.</p>	<p>Entre 2 a 4 %.</p>
--	---	--	-----------------------

## 2 Mediciones realizadas

### 2.1 Introducción

A efectos de evaluar el comportamiento acústico de las carpetas de rodamiento utilizadas en Autopista del Oeste se elaboró un Plan de Mediciones.

Se decidió evaluar las calzadas principales del Tramo I de la autopista cuyo pavimento presentaba una carpeta de rodamiento con una mezcla tipo convencional densamente graduada, y que próximamente iba a ser repavimentada con microaglomerados en caliente de granulometría discontinua, (F-10, SMA).

### 2.2 Equipos

Las determinaciones de nivel sonoro, que dan origen a este estudio, se realizaron con un medidor de nivel sonoro integrador marca Quest de fabricación norteamericana, modelo 2900, número de serie CD7080034, con preamplificador y micrófono de 12,5 mm (½") de diámetro.

El conjunto responde a las recomendaciones internacionales IEC 651-1979 para medidores de nivel sonoro tipo 2 e IEC 804-1985 para medidores integradores de nivel sonoro tipo 2 y ANSI para medidores de nivel sonoro S1.4-1983, tipo 2.

Para la calibración de este equipo, se empleó un pistófono marca Quest modelo QC-10, número de serie QE7090083 calibrado. El equipo responde a la recomendación internacional IEC 942-1988 para calibradores de sonido y ANSI para calibradores de sonido S1.40-1984.

Para obtener los espectros en bandas de frecuencias, se empleó un juego de filtros marca Quest, modelo OB-300, número de serie HV7080023, que responde a la norma norteamericana ANSI S1.11, orden 3, internacional IEC R225 e IRAM 4081.

Aunque el equipo Quest tiene un error propio reducido por precisión, humedad ambiente y temperatura, se toma  $\pm 1$  dB como error de exactitud en nivel sonoro, que es el adoptado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) en sus informes oficiales.

### 2.3 Puntos de medición y metodología utilizada

Todas las determinaciones realizadas se efectuaron a 1,0 m del carril exterior de los cuatro por mano, a 1,2 m de altura manteniendo los mismos sitios en las condiciones de ruta seca, con el piso de mezcla convencional (anterior) y el de microconcreto asfáltico (nuevo) en sentido ascendente.

La autopista comprende la combinación de tramos a nivel, a alto y bajo nivel. De este diseño se obtiene que el 27% de la extensión de 8,56 km se encuentra por sobre el terreno natural y el 47% por debajo del mismo, con lo cual se disminuyó la obstrucción visual de la autopista en zonas residenciales cercanas.

Los sitios en los que se efectuaron las mediciones presentan las características dadas en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Propiedades de la traza en los sitios de medición

Sitio de medición (km)	Pendiente longitudinal	Pendiente transversal	Recta / curva	Longitud de curva	Peralte (curva)
16,29	2,00%	3,7%	Curva horizontal y vertical	300 m	3,7%
16,64	0,00%	2,0%	Recta y curva	360 m	
17,25	-0,36%	2,0%	Curva horizontal y recta		4,6%
17,70	-0,36%	2,0%	Recta		
18,15	0,82%	2,0%	Recta		4,6%
18,54	-1,08%	2,0%	Recta	300 m	
19,27	1,05%	2,0%	Recta y curva vertical	400 m	
19,56	-1,65%	2,0%	Recta		

#### Listado de Mediciones realizadas

Medición 1 – Sobre carpeta de mezcla convencional y Sobre carpeta de micro aglomerado discontinuo – Pista seca.

Medición 2 – Sobre carpeta de microaglomerado discontinuo– Pista húmeda.

Medición 3 - Sobre carpeta de microaglomerado discontinuo– Pista seca, 10 meses después de medición N° 2.

Medición 4 -En interior de vehículo sobre carpeta convencional y sobre microaglomerado discontinuo.

## 2.4 Resultados de las mediciones y comentarios sobre las mismas

### 2.4.1 Medición 1. Sobre carpeta de mezcla convencional y sobre carpeta de micro aglomerado discontinuo – Pista seca.

Las mismas fueron efectuadas los días lunes 23 de febrero de 2004 entre las 15:30 y las 17 h, martes 2 de marzo de 14:30 a 16:30 h, viernes 26 de marzo de 15 a 17:15 h y viernes 23 de abril de 2004 en sitios con entornos deferentes a los lados de la traza. No se incluyó el ruido de fuentes extrañas al tránsito. Los flujos de tránsito son los que se detallan, con una componente del 3,5% de vehículos pesados.

**Tabla 2.** Volumen de tránsito en el momento de la medición

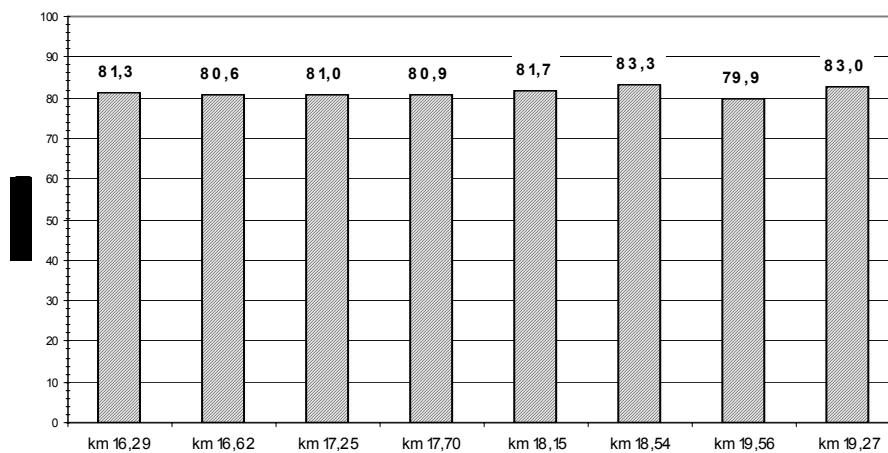
Fecha	Vehículos /h
23/02	2 157
02/03	2 122
26/03	2 808
23/04	2 691

### Gráficos 1a y 1b

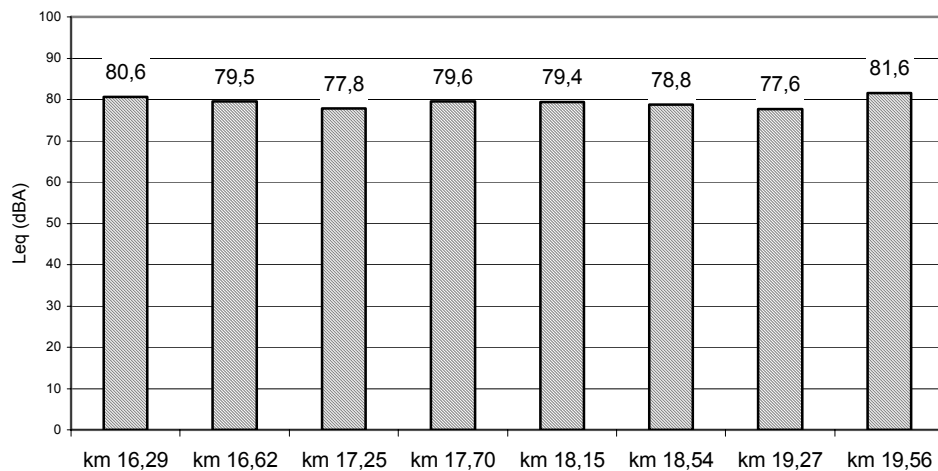
Se muestran los valores globales ( $L_{eq}$  en dBA) correspondientes a los tantos sitios de medición con piso seco; con piso convencional en el 1a, y con piso microconcreto asfáltico discontinuo en el 1b, manteniendo los mismos sitios de medición.

Se observa para el primer caso una variación entre sitios del orden de los 3 dBA y de unos 4 dBA para el segundo. Los valores mostrados fueron obtenidos durante lapsos de varios minutos, hasta tanto se verificaran lecturas con variaciones de menos de 0,1 dBA, aún con el paso de vehículos pesados en el carril más próximo o la condición circunstancial del paso de pocos vehículos.

VALORES GLOBALES CON PISO CONVENCIONAL  
Gráfico 1a



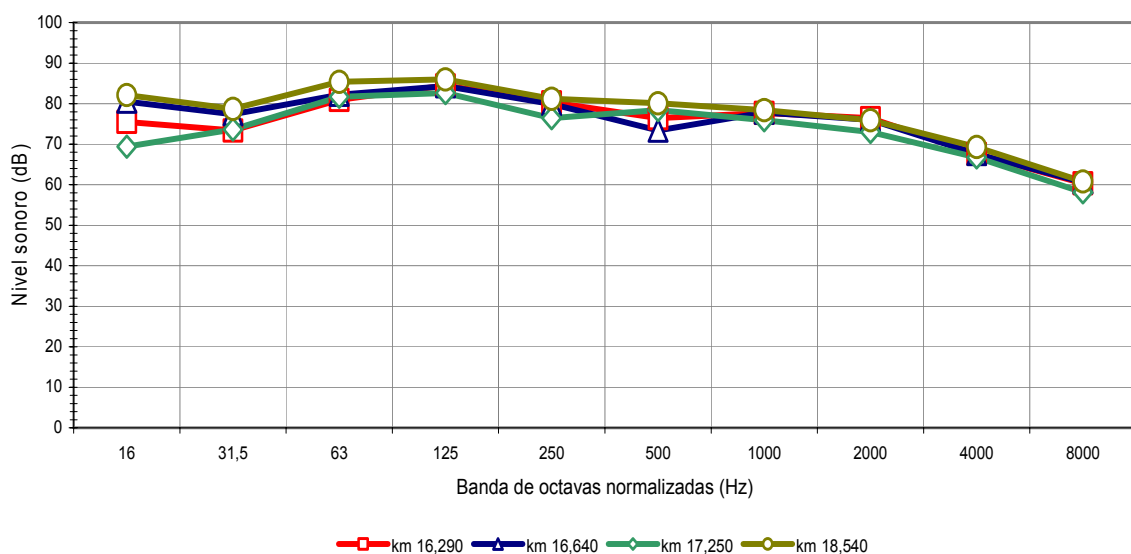
VALORES GLOBALES CON PISO MICROCONCRETO ASFALTICO  
Gráfico 1b



### Gráficos 2a y 2b

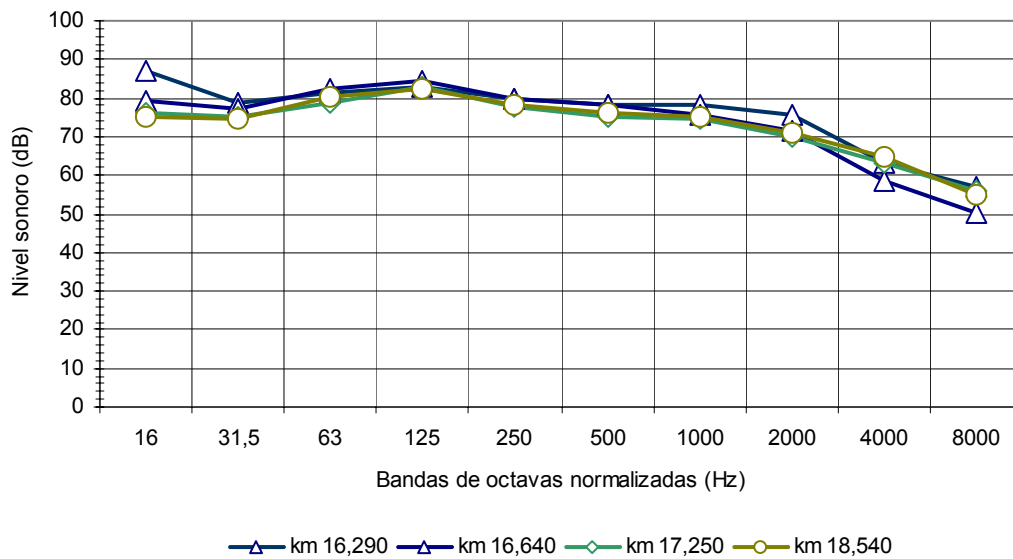
Se muestran respectivamente los espectros obtenidos durante lapsos representativos en los mismos sitios para piso convencional (gráfico 2a) y piso microconcreto asfáltico (gráfico 2b). Se puede observar que se mantienen las mismas propiedades cualitativas para cada conjunto, con variaciones de hasta 10 dB en el rango de bajas frecuencias en ambos casos, típico de las inestabilidades en dicho rango. Pero también se presenta una mayor dispersión en frecuencias altas en el segundo caso (menos de 8 dB).

ESPECTROS CON PISO CONVENCIONAL  
Gráfico 2a





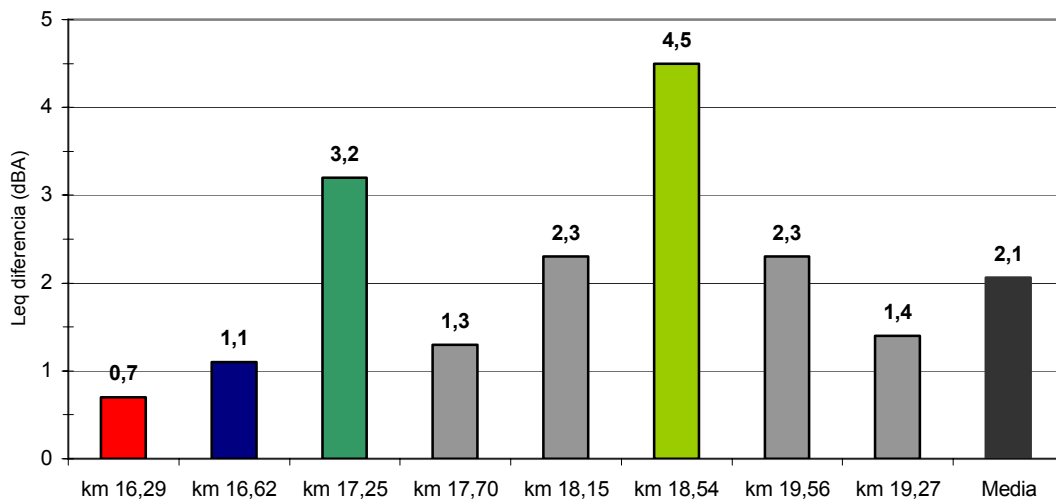
**ESPECTROS CON PISO MICROCONCRETO ASFALTICO**  
Gráfico 2b



**Gráfico 3**

Se muestran para cada sitio de medición, la diferencia de los valores globales para ambos pisos. En todos los casos son menores para el piso microconcreto asfáltico en los valores que se indican. Estas disminuciones son de menos de 1 dBA hasta 4,5 dBA. El valor medio de todos ellos es de 2 dBA (último bastón).

**DIFERENCIA GLOBAL ENTRE PISOS**  
Gráfico 3



Nivel medido con piso convencional menos nivel medido con piso de microconcreto asfáltico discontinuo.

### 2.4.2 Medición 2 Sobre carpeta de microaglomerado discontinuo– Pista húmeda.

Estas mediciones fueron efectuadas el día martes 17 de agosto de 2004 en sitios con espacios variados a un lado de la traza, en coincidencia con los empleados en las mediciones anteriores. No se incluyó el ruido de fuentes extrañas al tránsito. Los flujos de tránsito son los que se mencionan en la tabla, con una componente del 3,5% de vehículos pesados.

**Tabla 3. Volumen de tránsito en el momento de la medición**

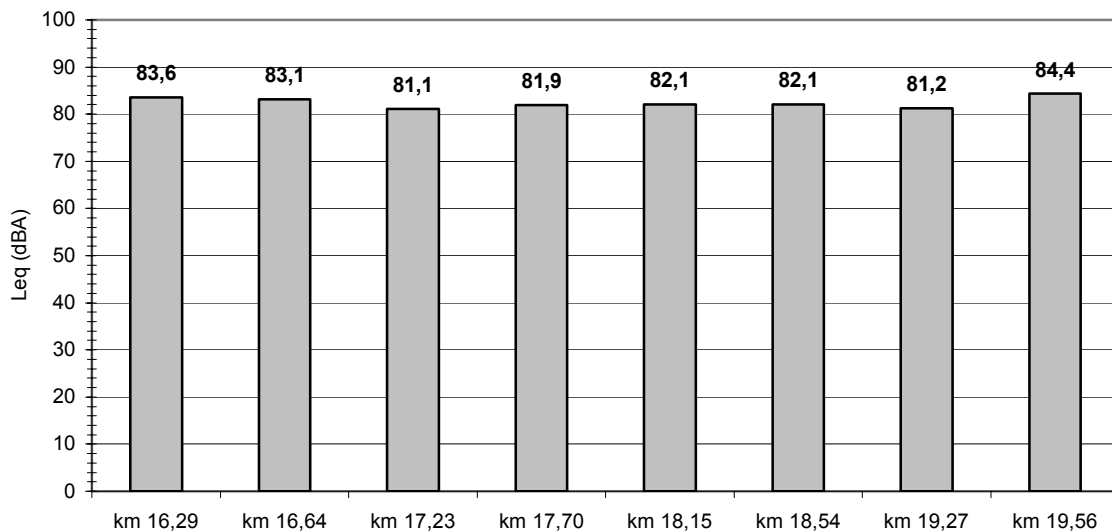
Fecha	Vehículos /h
17/08	2790

#### Gráfico 1

Se muestran los valores globales (Leq en dBA) correspondientes a los tantos sitios de medición con piso microconcreto asfáltico húmedo, manteniendo los mismos sitios de medición. Se observa una variación entre sitios del orden de los 3 dBA a 4 dBA en las mismas condiciones, similar al caso de pista seca. Los valores mostrados fueron obtenidos durante lapsos de varios minutos, hasta tanto se verificaran lecturas con variaciones de menos de 0,1 dBA, aún con el paso de vehículos pesados en el carril más próximo o la condición circunstancial del paso de pocos vehículos.

VALORES GLOBALES MEDIDOS (Piso microconcreto asfáltico húmedo)

Gráfico 1

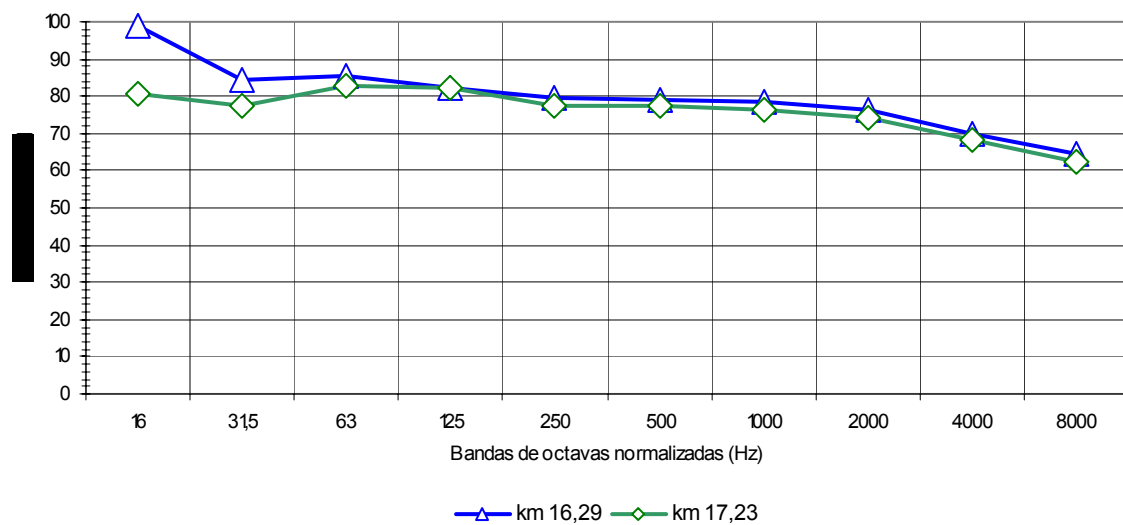


#### Gráfico 2

Se muestran respectivamente los espectros obtenidos durante lapsos representativos en los dos sitios evaluados para piso microconcreto asfáltico húmedo. Se puede observar que se mantienen las mismas propiedades cualitativas para ambos, con variaciones de 20 dB en la banda de 16 Hz y de y en la de 31,5 Hz, variaciones ya mostradas en nuestro anterior informe de pista seca, típico de las inestabilidades en dicho rango. Para las demás bandas las diferencias son del orden de los 2 dB.

## ESPECTROS CON PISO MICROCONCRETO ASFALTICO HUMEDO

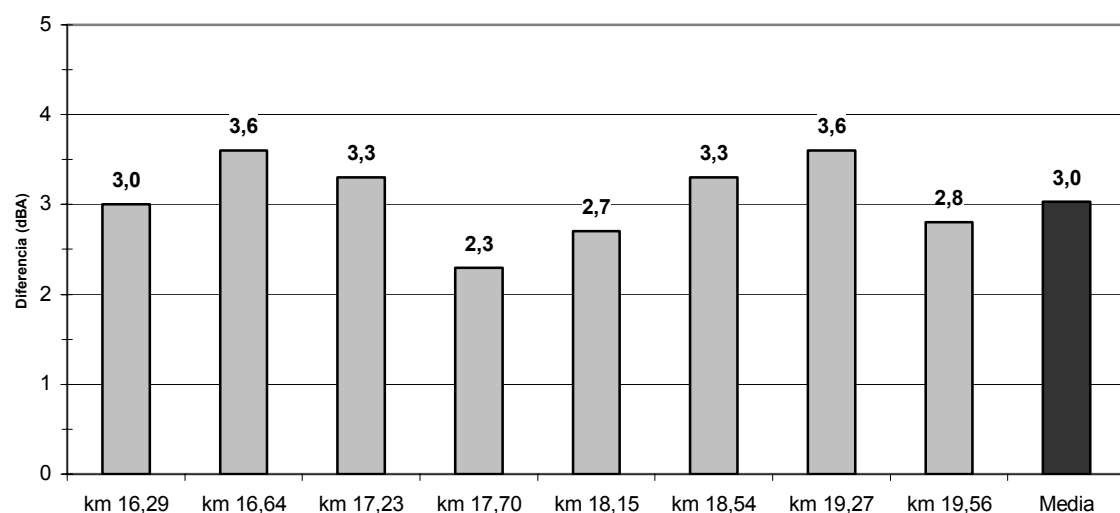
Gráfico 2

**Gráfico 3**

Se muestran para cada sitio de medición, la diferencia de los valores globales para ambas condiciones del piso. En todos los casos son menores para el piso microconcreto asfáltico seco que húmedo en los valores que se indican. Estas variaciones son del orden de 2 a 4 dBA. El valor medio de todos ellos es de 3 dBA (último bastón). Este valor medio es la diferencia entre el promedio energético en una condición con el promedio energético en la otra.

## DIFERENCIA GLOBAL CON PISO MICROCONCRETO ASFALTICO (Húmedo - Seco)

Gráfico 3

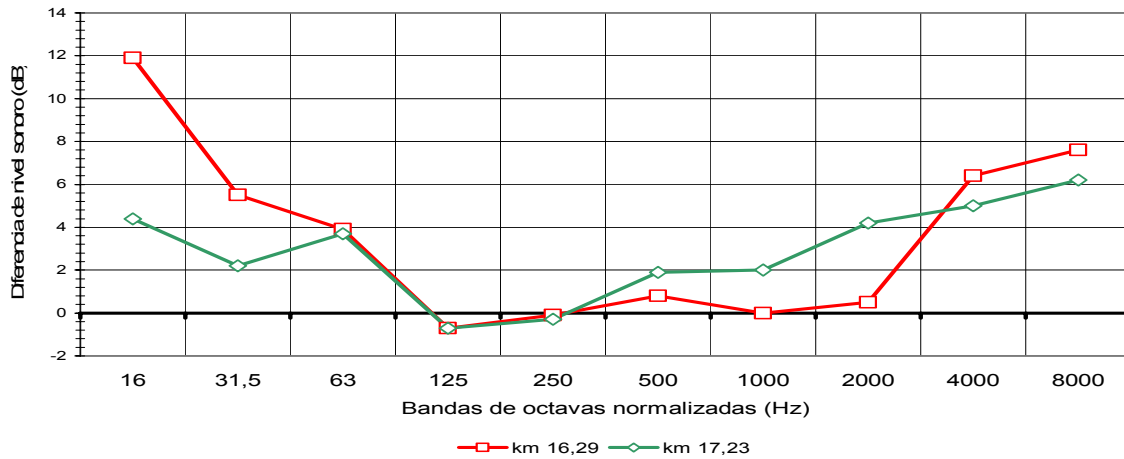


Los valores de cada barra corresponden a la diferencia en decibelios de lo medido con pista húmeda menos lo medido con pista seca.

**Gráfico 4**

Se muestran las diferencias de los espectros obtenidos en los mismos sitios con una y otra condición del piso. Representan una ampliación de lo mostrado en el gráfico anterior. Se observa que salvo para las bandas de 125 y 250 Hz, con el piso húmedo los niveles sonoros son mayores tanto en las bajas como en las altas frecuencias que con piso seco, incluso con variaciones importantes.

DIFERENCIAS CON PISO MICROCONCRETO ASFALTICO (Húmedo - Seco)  
Gráfico 5

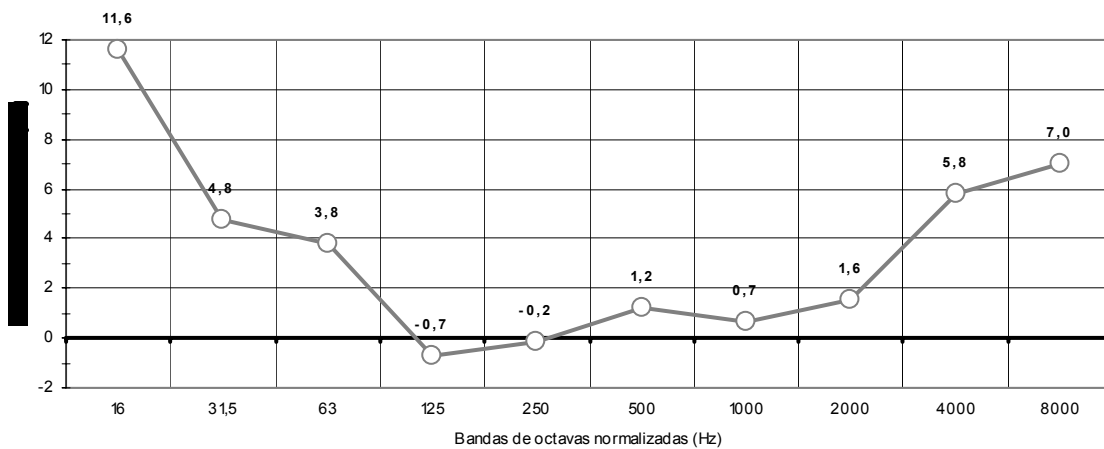


Los valores de cada banda de octavas corresponden a la diferencia en decibeles de lo medido con pista húmeda menos lo medido con pista seca.

**Gráfico 5**

Se muestra la diferencia entre los valores de los espectros obtenidos con cada una de las dos condiciones del piso microconcreto asfáltico como promedios energéticos en sus respectivas condiciones. Se aprecia una curva para la que prácticamente en todas las bandas los niveles con pista húmeda son mayores que con pista seca, aumentando la diferencia hacia las frecuencias bajas y altas.

DIFERENCIAS PROMEDIO CON PISO MICROCONCRETO ASFALTICO (Húmedo - Seco)  
Gráfico 5



Los valores de cada banda de octavas corresponden a la diferencia en decibeles de los promedios medidos con pista húmeda menos los medidos con pista seca.

### 2.4.3 Medición 3 Sobre carpeta de microaglomerado discontinuo– Pista seca, 10 meses después de medición N° 2.

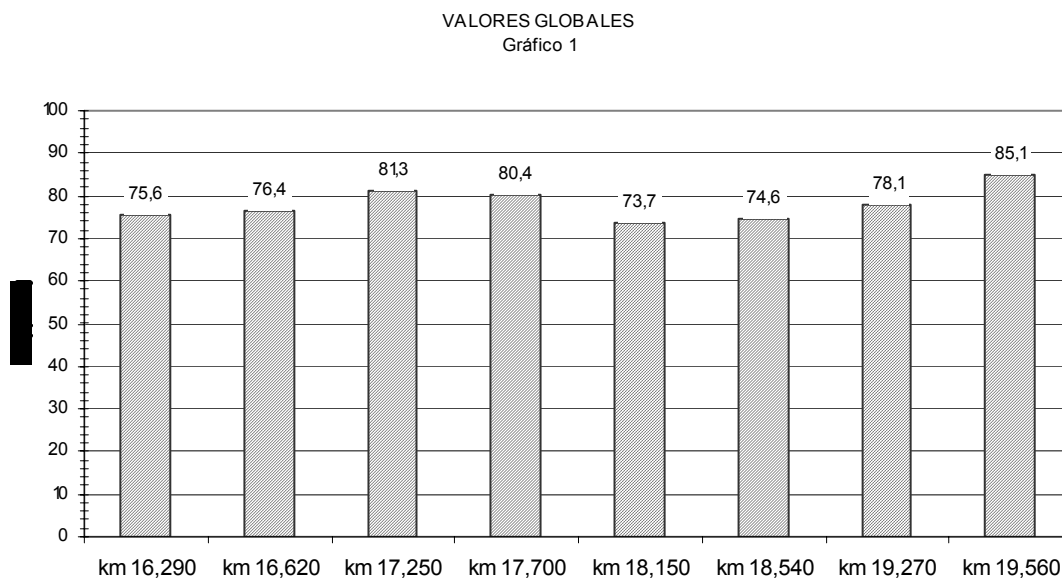
Las mismas se efectuaron el día jueves 10 de febrero de 2005 entre las 16:15 y las 17:45 h, en los mismos puntos fijos en los que se midió con anterioridad y que figuran en los respectivos informes metrológicos (11 junio de 2004 con pista seca y 23 agosto de 2004 con pista húmeda). No se incluyó el ruido de fuentes extrañas al tránsito. El flujo de tránsito es el que se menciona en la tabla, con una componente del 4% de vehículos pesados.

**Tabla 1.** Volumen de tránsito en el momento de la medición

Fecha	Vehículos /h
10/02	3 880

#### Gráfico 1

Se muestran los valores globales (Leq en dBA) correspondientes a los tantos sitios de medición con piso seco. Se observa una variación entre sitios de hasta 10 dBA, debido en particular al elevado valor (relativo) en el sitio km 19,560. Esta variación es mayor que la detectada para las mediciones anteriores. Los valores mostrados fueron obtenidos durante lapsos de varios minutos, hasta tanto se verificaran lecturas con variaciones de menos de 0,1 dBA, aún con el paso de vehículos pesados en el carril más próximo o la condición circunstancial del paso de pocos vehículos.

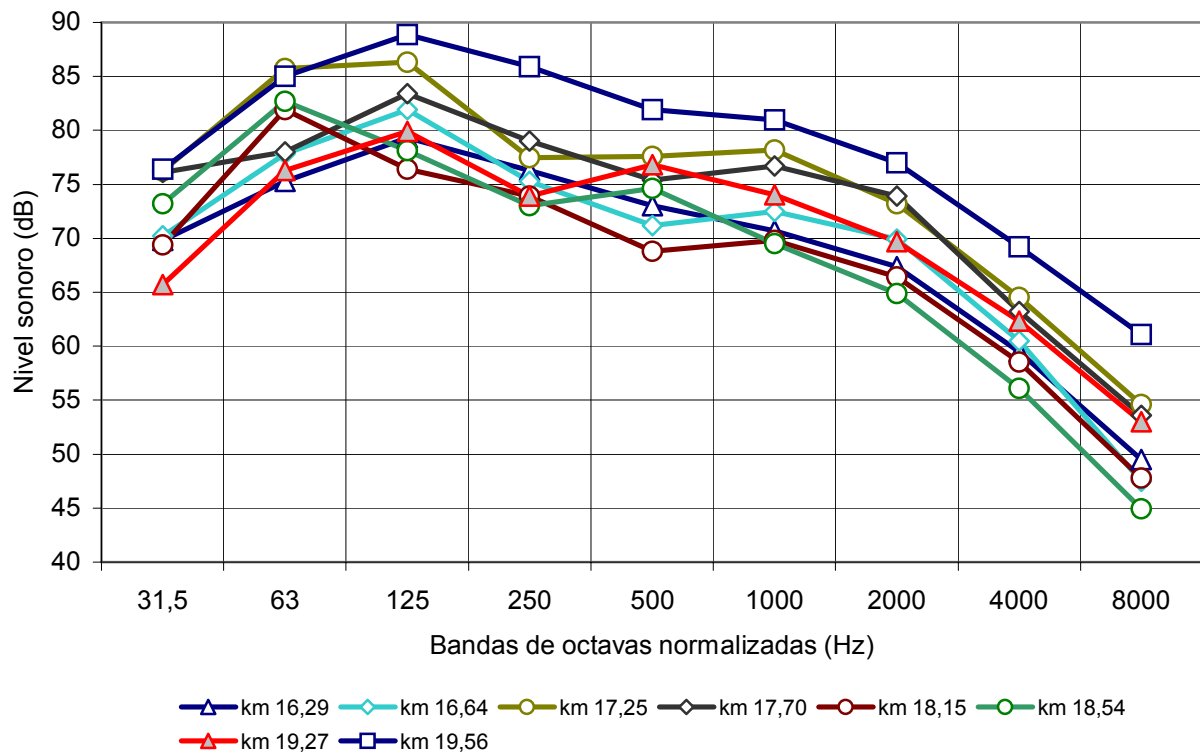


#### Gráfico 2

Se muestran los espectros obtenidos durante lapsos representativos en los mismos sitios y en tiempo real. Se puede observar que se mantienen las mismas propiedades cualitativas

para cada conjunto, con variaciones en algunas bandas de frecuencias mientras que nuevamente se notan los mayores valores para cada banda de frecuencias para el sitio km 19,560. Cualitativamente, las formas de los espectros son las mismas para cada sitio y en relación con las mediciones anteriores.

ESPECTROS MEDIDOS  
Gráfico 2



#### 2.4.4 Medición 4 En interior de vehículo sobre carpeta convencional y sobre microaglomerado discontinuo.

**Vehículo Utilizado:** VW Golf

**Motor:** 2.0 nafta

**Modelo:** 2003

**Fecha de las Determinaciones:** 20 de Marzo 2005

**Hora:** Las mediciones fueron realizadas entre las 15:30 hs. y las 18:00 hs.

#### Características del Estudio Realizado:

Con el objeto de determinar los ruidos que se presentan dentro del habitáculo de un vehículo, se realizaron las evaluaciones circulando por los diferentes tipos de piso utilizados a lo largo de la extensión de la Autopista del Oeste.

Las determinaciones se realizaron tomando el estado del equipo a partir de una velocidad constante de circulación de 80 km/h y de 100 km/h, arrojando los siguientes resultados:

Localización Autopista del Oeste	Tipo de Mezcla	Carriles	Nivel de Ruido en Habitáculo del Vehículo	
			Velocidad 80 km/h	Velocidad 100 km/h
Tramo I	Concreto Asfáltico Convencional	4 + 4	66 dB A	69 dB A
Tramo I	Microconcreto Asfáltico en Caliente	4 + 4	64 dB A	67 dB A

En este cuadro se observa que se logra un mejor confort acústico con el cambio de textura en la capa de rodamiento.

### 3 Análisis comparativo de las mediciones y conclusiones

Los valores medidos globales y por bandas de frecuencias son representativos en cada condición, tanto por el tiempo de muestreo suficiente para lograr estabilidad en la lectura, como por la repetitividad de las mediciones en los diferentes sitios seleccionados tal como se muestra en los gráficos. Queda de manifiesto que las curvas muy abiertas o tramos rectos así como las escasas pendientes, no afectan mayormente a los espectros y sus valores globales registrados.

Sin embargo, desde el punto de vista de la sonoridad, la evaluación debe efectuarse desde parámetros estadísticos relacionados con la interpretación subjetiva del ruido.

Las diferencias en los niveles sonoros no son coincidentes con las diferencias en la sonoridad. El primero tiene una relación directa con la energía sonora involucrada por el paso de los vehículos y se registra con el equipo de medición empleado. La sonoridad está relacionada con la interpretación subjetiva de esos mismos ruidos por parte de la población y tiene por lo tanto una consideración estadística.

Los cálculos para determinar la sonoridad de un ruido, tienen en cuenta las diferentes sensibilidades del oído humano a las frecuencias componentes de su espectro y al proceso de enmascaramiento, por el cual una frecuencia queda oculta o disminuida en el proceso de audición, por la presencia de otra y sus niveles relativos.

Estos métodos de cálculo de sonoridad se basan a partir de los espectros de un ruido, de los que se normalizaron dos de ellos en la ISO 532. El Método A (S.S. Stevens) supone que el sonido es difuso, típico de un recinto cerrado y el B (Zwicker) admite ruido en espacio abierto, pero debe ser continuo y no intermitente como en el caso de la Autopista. Por ello se emplea aquí el llamado Perceived Noise Level, muy similar al Método A, aunque propio para ruido de tránsito en espacio abierto.

El valor  $N_e$  en noys (conceptualmente equivalente a los sones), se calcula mediante la expresión  $N_e = 0,3\sum N_j + 0,7N_{max}$  en la que  $N_j$  es el valor en noys para cada banda de octavas y  $N_{max}$  es su máximo. Los valores  $N$  se obtienen en cada banda en la intersección del espectro con las curvas dadas por este criterio. Finalmente, el nivel de ruido percibido LEPN (conceptualmente equivalente a los fones) está dado por  $LEPN = 40 + 10 \log_2(N_e)$ .

### 3.1 Mezcla Convencional vs. Microaglomerado discontinuo

De los valores medidos y su análisis, surge que el piso microconcreto asfáltico modifica el espectro del ruido de rodadura del tránsito vehicular, reduciendo en el rango de frecuencias altas aunque con un incremento en las frecuencias más bajas. Globalmente esa modificación representa una disminución de unos 2 dBA.

Para el espectro medio del ruido de tránsito, con ambos pisos, resultan los valores, con una interpretación subjetiva de disminución de un 25% de la fuerza sonora

Piso original:	$N_e = 44,4$ noys	$L_{EPN} = 94,7$ dB(PN)
Piso nuevo:	$N_e = 37,8$ noys	$L_{EPN} = 92,4$ dB(PN)
Disminuciones:	$\Delta N_e = 6,6$ noys	$\Delta L_{EPN} = 2,3$ dB(PN)

### 3.2 Microaglomerado – Pista seca vs. Pista húmeda

De los valores medidos y su análisis, surge que los niveles sonoros medidos con piso húmedo (piso microconcreto asfáltico) modifica el espectro del ruido medido en las mismas condiciones y sitios pero con piso seco, aumentando tanto los niveles en el rango de frecuencias bajas como altas. Globalmente esa modificación representa un incremento promedio de unos 3 dBA.

Para el espectro medio del ruido de tránsito del piso, en las dos condiciones se concluye que el piso mojado produce un incremento en la sensación auditiva de 5,5 dB(PN), con una interpretación subjetiva de incremento de un 50% de la fuerza sonora.

Piso húmedo:	$N_e = 45,2$ noys	$L_{EPN} = 97,9$ dB(PN)
Piso seco:	$N_e = 37,8$ noys	$L_{EPN} = 92,4$ dB(PN)
Variación:	$\Delta N_e = 7,4$ noys	$\Delta L_{EPN} = 5,5$ dB(PN)

### 3.3 Microaglomerado – Pista seca vs Pista seca 10 meses después

De los valores medidos y su análisis, surge que el tiempo transcurrido no produce en términos prácticos, una variación definida en el nivel sonoro continuo equivalente en la escala de ponderación A.

Esta conclusión se deriva tanto de los valores mostrados en el gráfico 4 como en el gráfico 5. Del primero surge que localmente hay incrementos y disminuciones según la fecha de medición, pero ello no se manifiesta ni en el promedio general ni en los espectros promediados.

En definitiva, el tiempo transcurrido de 10 meses con el uso de la carpeta de microconcreto en caliente de 3 cm de espesor, no origina una tendencia definida tanto de incremento como de disminución en los niveles sonoros, lo cual resulta razonable toda vez que los niveles de macrotectura de la carpeta evaluada no se han modificado sustancialmente.

Estos resultados ponen de manifiesto la atenuación sonora que producen las carpetas de rodamiento con alta macrotectura negativa (plana con hoquedades) respecto de las carpetas asfálticas convencionales.

Finalmente, a modo de comparación, los valores globales medidos son del mismo orden de, en particular para piso microconcreto asfáltico discontinuo, con los de referencia en condiciones similares que se emplean en los Estados Unidos, conocidos como valores



REMEL (Reference Energy Mean Emission Levels) publicados en el documento “Highway Traffic Noise Analysis and Abatement Policy and Guidance” (1995).

Considerando una composición de 3,5% de vehículos pesados a una velocidad promedio de 100 km/h y 96,5% livianos a una velocidad promedio de 130 km/h (parámetros no verificados pero plausibles), el nivel REMEL resultante es de 79 dBA. Es interesante observar que es del mismo orden que los medidos en particular con piso microconcreto asfáltico.

### **Referencias**

- 1.- Mediciones y evaluaciones acústicas , de Juan Cruz Giménez de Paz.
- 2.- Jornada Técnica del Pavimento y el ruido. Madrid , Marzo 1990.
- 3.- Evaluación Acústica, Julio 2003, Ing. Donoso e Ing. Buchi.
- 4.- Evaluación del comportamiento en servicio de la carpeta de rodamiento del Acceso Oeste a la ciudad de Buenos Aires, en XXIII Reunión del asfalto , en Mendoza Noviembre de 2004, Ing. Torchioi, Ing. Ebrecht, Ing. Devoto, Ing. Bolzán.