

Consideraciones Medición Ruido Inducido (GBN) según FTA 2018

Línea 3 Metro de Santiago

10 de Marzo de 2021



Objetivo de la Reunión

- Compartir y plantear algunas aspectos asociados a la medición de ruido inducido (Groundborne Noise – GBN) según FTA 2018.

Metodología para Medición de GBN

- **Descriptor acústico:** FTA 2018 solo menciona medición de niveles de presión sonora con ponderación A (Tabla 5-1)
 - Apoyo de norma específica Guía EPA (Australia) e ISO 14837:1 que indican Nivel de Presión Sonora Máximo con Ponderación A y respuesta lenta (slow) del equipo de medición (LpASmáx).

Table 5-1 Ground-borne Vibration and Noise Metrics

Metric	Abbreviation	Definition
Vibration Decibels	VdB	The vibration velocity level in decibel scale.
Peak Particle Velocity	PPV	The peak signal value of an oscillating vibration velocity waveform. Usually expressed in inches/second in the United States.
Root Mean Square	rms	The square root of the arithmetic average of the squared amplitude of the signal.
A-weighted Sound Level	dBA	A-weighted sound levels represent the overall noise at a receiver that is adjusted in frequency to approximate typical human hearing sensitivity. This unit is used to characterize ground-borne noise.

Metodología para Medición de GBN

- **Ruido de fondo:** FTA no menciona criterios o corrección por ruido de fondo para medición pass-by.
 - Ya que los eventos a medir son circulaciones de trenes de corta duración y el valor máximo que éstas alcanzan con el descriptor $L_{pASm\acute{a}x}$, se debe establecer si las circulaciones se ven influenciadas por el ruido ambiente presente en el tiempo colindante al evento medido, para lo anterior se utiliza la envolvente de la frecuencia de 50 a 80 Hz (que predominan en el tráfico ferroviario de ruedas de acero), así como la grabación de audio respectiva, con objeto de evidenciar la influencia.

Circulación
limpia nocturna



- **Rango de frecuencias:** FTA No se menciona el rango de frecuencias de interés para cálculo de GBN.
 - Como apoyo se utiliza rango de frecuencias dado por norma ISO 14837-1 que indica 16 a 250 Hz.

Metodología para Medición de GBN

- **Medición en ejes distintos al vertical:** En sección 6.5 la FTA “*Evaluate Impact: Detailed Vibration Analysis*” pagina 150, se indica, que en casi todos los casos se pueden ignorar las componentes transversales de vibración y es suficiente con medir en la dirección vertical, ya que esta es típicamente la componente dominante.

Conduct measurements to characterize existing vibration conditions. The goal of most ambient vibration measurements is to characterize the rms vertical vibration velocity level at the ground surface. In almost all cases, it is sufficient to measure only vertical vibration and ignore the transverse components of the vibration. Although transverse components⁽⁵¹⁾ can transmit vibration energy into a building, the vertical component typically dominates.

Lo anterior se refuerza considerando la ubicación de la fuente vibratoria respecto de las fundaciones de las viviendas del sector (cota riel se ubica a los menos 20 metros por debajo de las fundaciones).

Indicar además que el ruido es un componente no vectorial.

Metodología para Medición de GBN

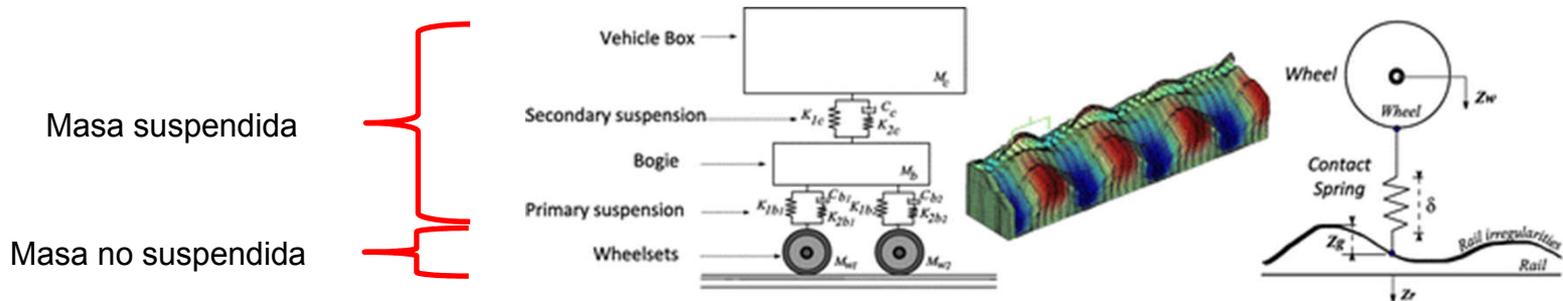
- Asimismo la norma ISO 14837:31 indica en Tabla 5 “*Requirements on measurement positions and orientation*” que las mediciones de vibraciones deben ser llevadas a cabo en la dirección vertical, ya que probablemente esta es la dirección dominante debido a la flexibilidad del piso. En cuanto a las componentes horizontales, señala que sólo en algunos casos estas podrían ser dominantes particularmente en pisos altos de los edificios o en algunas estructuras de marcos de madera

Vibration measurements shall be carried out at one position in the vertical direction at (or near) the mid-span of the floor (see Notes 1 and 2). However, it can in some cases be the horizontal axis that is dominant and should be measured, particularly at higher floor levels in the building or in some wooden framed structures.

NOTE 2: The vertical axis for vibration measurement on a floor (typically the first floor) is likely to be the most dominant input, due to floor flexibility, and stronger near the mid-span as a result, which has relevance in terms of human perception of the event and possible annoyance.

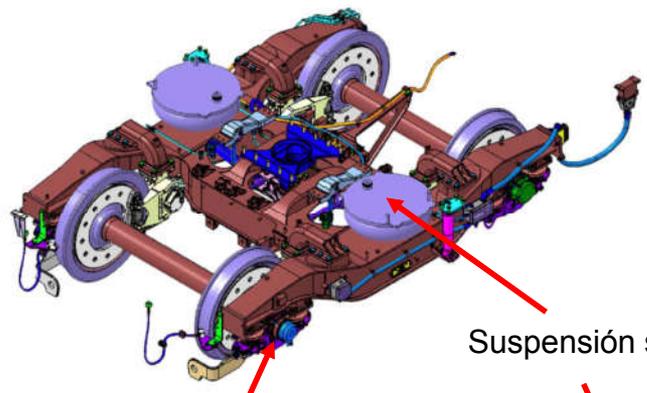
Concepto de Evaluar Peor Condición

- La peor condición para una circulación de tren se origina cuando este es perceptible mayormente, lo cual ocurre en horarios de bajo tráfico vehicular.
- Dado los reducidos valores que se pueden alcanzar para el ruido inducido, ambientes con tráfico vehicular pueden afectar la medición, cuya probabilidad de ocurrencia es alta debido a que las circulaciones de trenes tienen una periodicidad de minutos. En especial si se considera la opción de horario punta donde el tráfico vehicular en Santiago aumenta.
- El fenómeno de vibraciones mecánicas y por ende el ruido inducido generado por éste, no depende de la carga del tren sino de la **masa no suspendida** (ejes, ruedas, frenos, entre otras partes del bogie), y del estado del contacto rueda – riel (que se controla con mantenimiento), debido a las 2 suspensiones que cuenta el material rodante, por ende se espera una radiación similar en cualquier horario del día.



Consideraciones Medición GBN según FTA 2018

Concepto de Evaluar Peor Condición



Suspensión secundaria

Figura 20: Vista general bogie remolque

Suspensión primaria



Modelo de cálculo

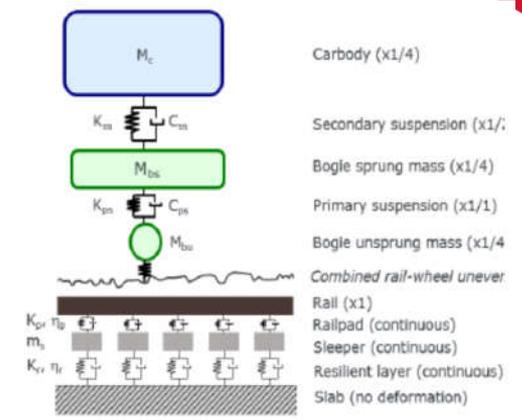


Figure 1: Model developed in S-RIV.

Railtech result data sheet : Transmission loss method for -10 dB system

Rail	UIC 60	RAIL PAD :	-10 dB (20kN/m)
Spacing (mm)	900	STATIC LOAD ON PAD (kN) :	0
Axle load (T)	15	CEN 13481 CATEGORY :	B
Unsprung mass (Kg)	1147		
Type of mitigation	Transmission		

Frequency range	40 Hz - 120 Hz	OK	
Mitigation (dB)	-54,9		

Drawing #	PADS =>	RAIL PAD
K static (KN/mm) ⁽¹⁾		30,0
K dynamic (5 Hz) (KN/mm) ⁽²⁾		36,0
Resonance frequency (Hz)		32,0
Damping ratio (%)		0,15
Damping coefficient (N.s/m)		68051
Stiffness of R.P. (kN/mm) : k = m · ω ₀ ²		40

(1) Negative value means that tested pad reduced vibration regarding reference pad
(2) Stiffness is given according selected CEN 13481 category

Concepto de Evaluar Peor Condición

Horario FTA	Horario Circulación Metro	Observaciones
Diurno (07:00 a 22:00 hrs)	Bajo (06:00 a 07:00 hrs y 20:45 hrs a cierre)	Existen circulaciones en horario FTA
	Punta (07:00 a 09:00 hrs y 18:00 a 20:00 hrs)	Existen circulaciones en horario FTA
	Valle (09:00 a 18:00 hrs y 20:00 a 20:45 hrs)	Existen circulaciones en horario FTA
Nocturno (22:00 a 07:00 hrs)	Bajo (06:00 a 07:00 hrs y 20:45 hrs a cierre)	Existen circulaciones en horario FTA (horario cierre normal)
	Punta (07:00 a 09:00 hrs y 18:00 a 20:00 hrs)	No existen circulaciones en horario FTA
	Valle (09:00 a 18:00 hrs y 20:00 a 20:45 hrs)	No existen circulaciones en horario FTA

Consideraciones Medición GBN según FTA 2018

Predicción de ruido inducido (GBN) mediante niveles de vibración mecánica (GBV)

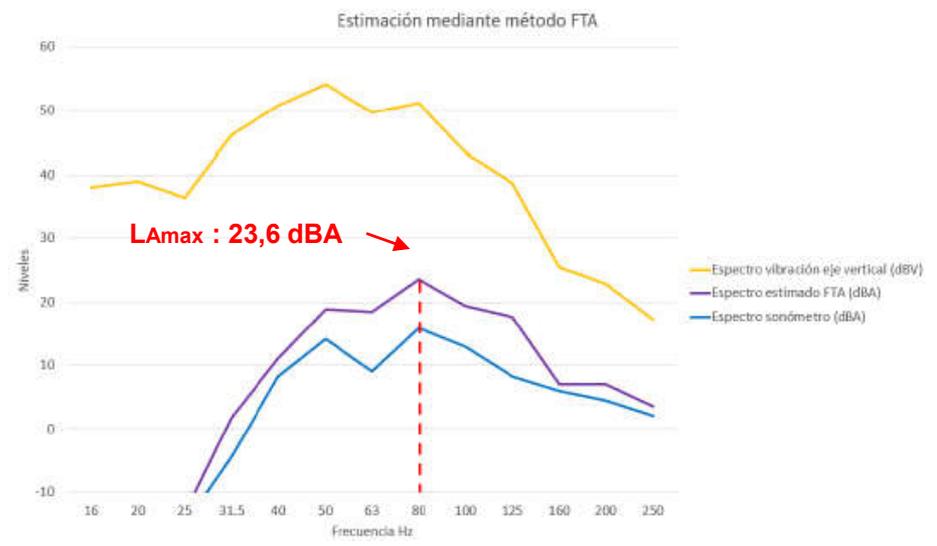
Predicción Ruido Inducido

$$L_p (\text{predicho}) = L_v (\text{eje vertical}) - \text{ponderación A} - 5 \text{ dBA}$$

- Valor $L_{pASm\acute{a}x}$ se alcanza en la cima de la envolvente temporal medida en una circulación limpia.
- Cuando valor $L_{pASm\acute{a}x}$ se alcanza en otro sector de la envolvente y verificando el audio es posible indicar que la medición esta influenciada por el ruido ambiente.



Verificación con circulación limpia



Aspectos a Mejorar

- Identificación de influencia en la medición por presencia de ruido de fondo, cuando este es evidenciado en audios respectivos (que no se indica en informe) y no es clara su influencia en curvas graficadas.
- Identificar de acuerdo a recomendación de norma ISO 14837:31 (tabla 9) cuando el ruido es predominante en baja frecuencias se asocia a ruido inducido (groundborne noise) y no a ruido aéreo (airborne noise).

$L_{pCSmax} - L_{pASmax} \geq 15 \text{ dB}$ presencia de ruido de baja frecuencia

- Agregar en los horarios que sea factible (bajo, punta, valle) al menos 5 circulaciones (en caso que estas ocurran dado los nuevos horarios de cierre por pandemia).

