



NIVELES DE VIBRACIONES EN LA CIUDAD DE PANAMÁ

¹ Y. Villarreal, ¹J. Toral, ²M. de los A. Castillo, ¹A. Muñoz, y ¹E. Flores

¹ Departamento de Física, FCNET, Universidad de Panamá.

² Planeta Panamá Consultores.

RESUMEN

En este trabajo se estudian los niveles de aceleraciones máximas de las vibraciones ambientales y sus correspondientes frecuencias, en un sector de la Ciudad de Panamá que concentra centros sanitarios, educativos y religiosos, así como edificios residenciales. Las mediciones se realizaron durante un año, en 25 puntos de la ciudad, en tres momentos del día. Se pudo comprobar que estamos expuestos a niveles de vibraciones altas que, aunque en la mayoría de los casos no son perceptibles por las personas, afectan nuestra salud.

PALABRAS CLAVES

Vibración, acelerógrafo, aceleración, frecuencia, Nivel de tolerancia, Ciudad de Panamá.

ABSTRACT

This paper studies the levels of maximum accelerations of the ambient vibrations and their corresponding frequencies in a sector of Panama City, which concentrates health centers educational, religious and residential buildings. The measurements were due during a year in 25 points, three times a day was possible to verify that we are exposed to high levels dose of vibrations that, although in most of the cases are not perceivable, they affect in the long term.

KEYWORDS

Vibration, accelerograph, acceleration, frequency, level of tolerance, Panama City.

INTRODUCCIÓN

Se dice que un cuerpo vibra cuando realiza un movimiento oscilante respecto a una posición de referencia. Así, el movimiento vibracional puede constar de un sólo componente fundamental y de una frecuencia singular, o de varios de ellos simultáneos superpuestos con distintas frecuencias asociadas (modos superiores de vibración).

Los seres humanos son extremadamente sensibles a las vibraciones verticales y horizontales. Movimientos con amplitudes de desplazamientos tan bajas como 800 micrómetros son molestos (Wovk 1991).

El nivel de tolerancia de un ser humano es menor al 1 % de la aceleración que produce el campo gravitatorio terrestre. Entre los efectos adversos y crónicos de las vibraciones en los humanos, podemos señalar: dificultades para hablar, dolor de cabeza e irritabilidad, males estomacales, mareos y vómitos, dolor pectoral, pequeños calambres musculares, problemas en los riñones, respiratorios y cardiovasculares, trastornos del sistema nervioso central y alteración visual (Inman 1994; Pain 1980).

La medida y análisis de las vibraciones mecánicas se puede realizar mediante traductores o sensores tipo acelerómetros, que convierten el movimiento vibratorio ambiental en señal eléctrica, para entonces digitalizarla, filtrarla y amplificarla.

El objetivo de este estudio fue determinar los niveles de aceleración de las vibraciones en un sector céntrico de la Ciudad de Panamá, para presentar las recomendaciones necesarias en pro de la comunidad local.

MÉTODO EXPERIMENTAL

Para realizar este estudio, se seleccionó en la Ciudad de Panamá, una zona con alta concentración de centros sanitarios, educativos, religiosos y edificios residenciales. En esta área se seleccionaron y completaron 25 puntos de medición uniformemente distribuidos (Fig. 1)

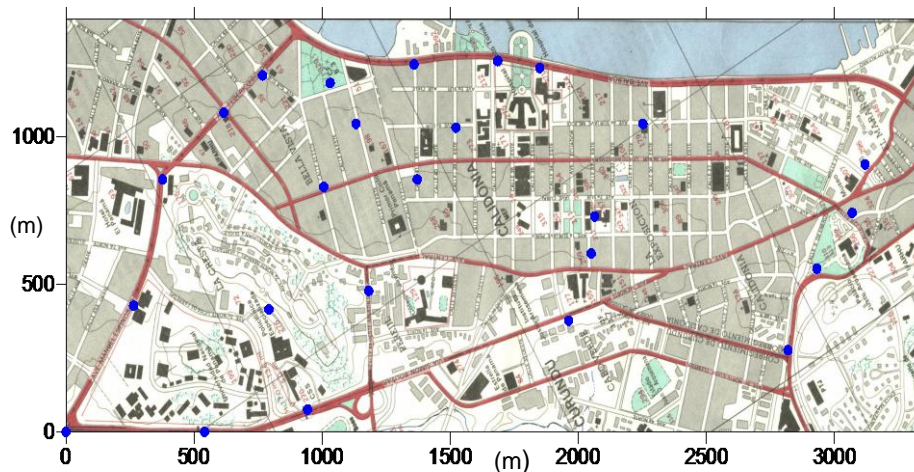


Fig. 1. Área de estudio: los lugares de medición se marcan con puntos azules.

Las aceleraciones de las vibraciones se midieron en el año 2002 durante tres momentos del día: 6:00 a.m. – 7:00 a.m., 12:00 m – 1:00 p.m. y 9:00 p.m. – 10:00 p.m. El tiempo de lectura de cada medida fue de 3,0 minutos, utilizando acelerógrafo digital triaxial con sensor de fuerza balanceada, marca Kinemetrics, serie Altus, modelo K2, conectado a una computadora portátil con el programas especializados, quick talk. De cada medida se obtiene un gráfico de espectros de vibración longitudinal, vertical y transversal de aceleración en función del tiempo, de los cuales se analizaron (1 a 100 Hz) con el programa KMI-SMA, los espectros de vibración vertical.

Las herramientas del programa KMI-SMA permiten correcciones y ajustes instrumentales, así como evaluar y cambiar del eje del tiempo a la frecuencia.

Los datos obtenidos son multiplicados por un factor de ajuste (0,707) o ponderación de aceleración rms, para luego ser graficados, estableciéndose una comparación con el rango de valores máximos permitidos por la norma nacional de vibraciones (Reglamento Técnico DGNTI – Copanit 45-2000 Higiene y Seguridad en Ambientes de Trabajo donde se generen Vibraciones).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa que los niveles máximos de aceleración rms de las vibraciones mecánicas verticales, ocurren a frecuencias

comprendidas entre 9 a 34 Hz. Cada uno de los sitios de medición se caracteriza por su frecuencia vibracional, mayormente transitoria aunque periódica. La norma industrial panameña (Copanit 45-2000) establece que a cada frecuencia le corresponde un umbral o nivel de aceleración máxima de riesgo.

El valor más alto de aceleración, en el dominio de las frecuencias, se midió durante la mañana en la Avenida de los Mártires, al valor de $8,1 \text{ m/s}^2$ con una frecuencia de 33 Hz. En horas de la tarde y la noche el valor más alto de la aceleración máxima se midió en el cruce de la Avenida Federico Boyd y Calle 50, en la cercanía del edificio Proquimsa, correspondiendo a $3,3 \text{ m/s}^2$ y $8,0 \text{ m/s}^2$ respectivamente y con frecuencias de 17 Hz en la tarde y 9 Hz en horas de la noche. Cabe destacar que, según la norma COPANIT 45-2000 no es recomendable permanecer en lugares con aceleraciones asociadas a las correspondientes frecuencias medidas, de ser estas continuas, un tiempo superior a 15 minutos por día.

Las áreas que presentan aceleraciones de las vibraciones por encima de los niveles admisibles, durante todo el día, corresponden al cruce de la Avenida Federico Boyd y Calle 50 y la Avenida de los Mártires. En horas de la mañana y de la tarde también se destaca, como un lugar crítico, la Vía Simón Bolívar (Transistmica). En horas de la tarde se incrementan los lugares en los cuales las aceleraciones r.m.s. de las vibraciones se encuentran por arriba de los niveles admitidos para la salud.

Las áreas en donde las aceleraciones vibratoriales medidas, no sobrepasan a ninguna hora del día los niveles máximos permitidos fueron los barrios de: Bella Vista, La Cresta, Avenida México (4ta Sur), y en las cercanías del Museo del Hombre Panameño “Reina Torres de Araúz” (en Plaza 5 de Mayo).

Tanto en la mañana como en la tarde, el lugar de aceleración máxima más baja fue la Avenida 4ta Sur, cercana al Colegio Nacional de Abogados, correspondiendo al valor de $0,04 \text{ m/s}^2$ con frecuencia de 33 Hz. Durante las noches el lugar de aceleración máxima más baja fue el medido en la Calle 43 Este, en las cercanías de la funeraria La Auxiliadora, con un valor de $0,08 \text{ m/s}^2$ a la frecuencia de 33 Hz.

Cuadro 1. Aceleraciones máximas y sus frecuencias correspondientes en diferentes sitios.

UBICACIÓN	MAÑANA		TARDE		NOCHE	
	a (m/s ²)	f (Hz)	a (m/s ²)	f (Hz)	a (m/s ²)	f (Hz)
Puente Trans-T. Muerto	2,22	16,7	1,16	33,3	0,82	20,0
Entrada U.T.P.	0,64	20,0	0,63	16,7	1,05	14,3
Iglesia del Carmen	0,90	20,0	1,13	14,3	1,19	14,3
Proquimsa	3,90	11,1	3,28	16,7	7,99	9,1
Parque Urracá	0,33	33,3	0,61	33,3	0,27	33,3
Parada U.P.	2,35	14,3	1,16	14,3	1,32	14,3
Urgencia C.S.S.	0,42	33,3	0,58	33,3	0,26	33,3
Clínica Fábrega	0,25	33,3	0,74	25,0	0,28	25,0
Fun. la Auxiliadora	0,77	33,3	0,33	33,3	0,08	33,3
Club de Y. Y Pescas	0,38	25,0	1,30	33,3	0,36	25,0
Parada C.S.S.	1,25	33,3	1,67	25,0	1,00	12,5
Parada Hosanna	0,49	33,3	0,21	33,3	0,32	25,0
Escuela Americana	1,89	16,7	0,81	25,0	0,54	25,0
Col. N. de Abogados	0,04	33,3	0,04	33,3	0,11	33,3
Embajada E.U.A.	1,46	25,0	1,65	20,0	0,78	20,0
Hospital del Niño	1,07	33,3	2,08	25,0	1,91	33,3
C. Caritas Alegres	0,38	10,0	0,79	20,0	1,44	10,0
Credimuebles	1,97	10,0	1,17	12,5	0,77	11,1
Escuela Rep. De Chile	0,80	14,3	0,66	14,3	0,13	33,3
Templo Indú	0,61	25,0	0,10	33,3	0,24	33,3
Restaurante Curundú	1,18	20,0	2,20	25,0	1,75	20,0
Banco D. Agropecuario	8,13	33,3	2,52	25,0	3,54	25,0
Palacio Legislativo	0,72	16,7	0,86	20,0	0,21	12,5
Hotel Internacional	0,47	33,3	0,49	33,3	0,36	25,0
Mercado del Marisco	4,56	33,3	1,49	33,3	0,21	33,3

Por otro lado, el rango de frecuencia en los lugares en donde los niveles de aceleraciones de las vibraciones se encuentran por encima de los niveles límites permitidos, es de 8,0 Hz y 45,0 Hz. En las Figuras 2, 3 y 4 se presentan las aceleraciones de vibración vertical medida, en algunos de los puntos del área de estudio, a distintas frecuencias en tres horarios del día correspondientes a la mañana, tarde y noche. La línea en rojo representa los niveles admisibles por hora para las vibraciones locales en las diferentes bandas de tercias de octava, según la norma COPANIT 45-2000.

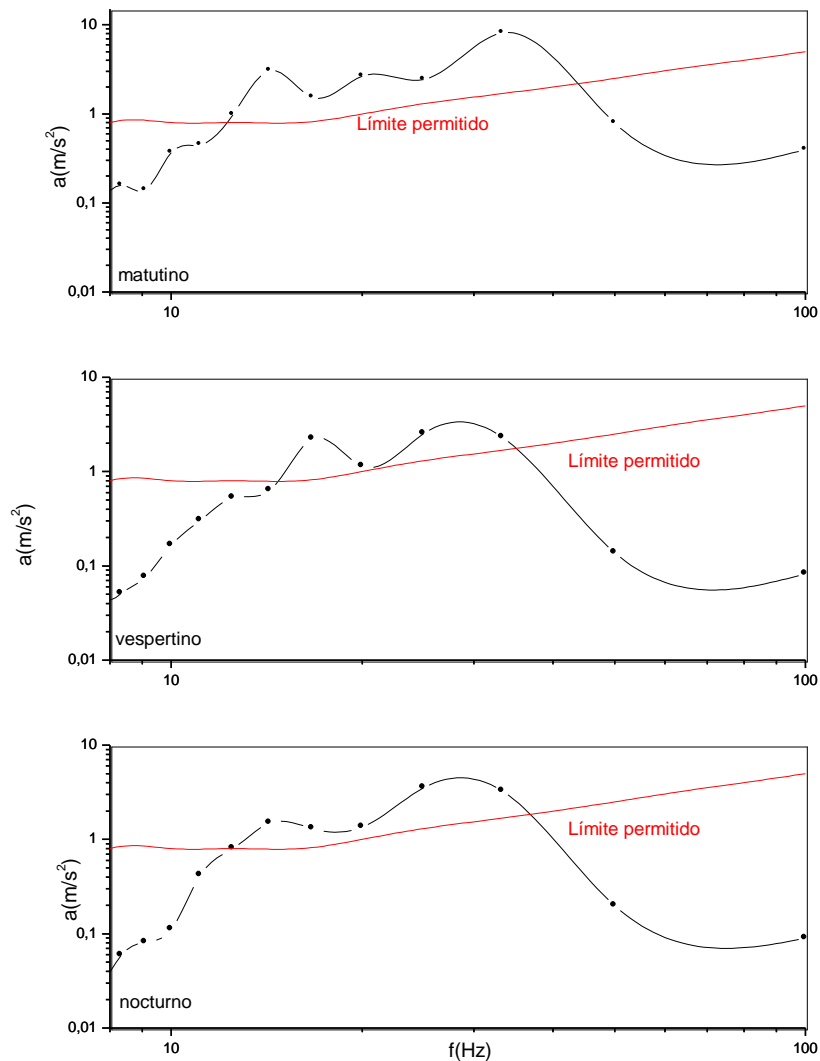


Fig. 2 . Mediciones realizadas en la Avenida de los Mártires.

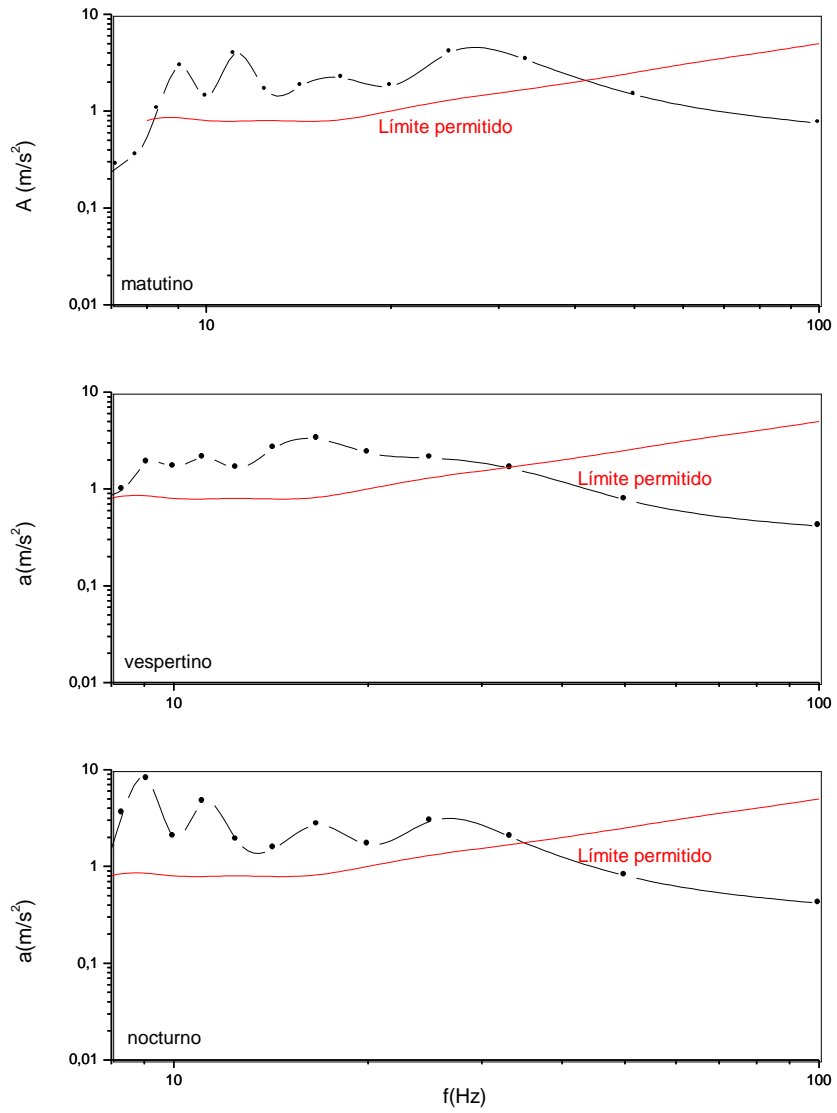


Fig. 3. Mediciones realizadas en el cruce de la Avenida Federico Boyd y Calle 50.

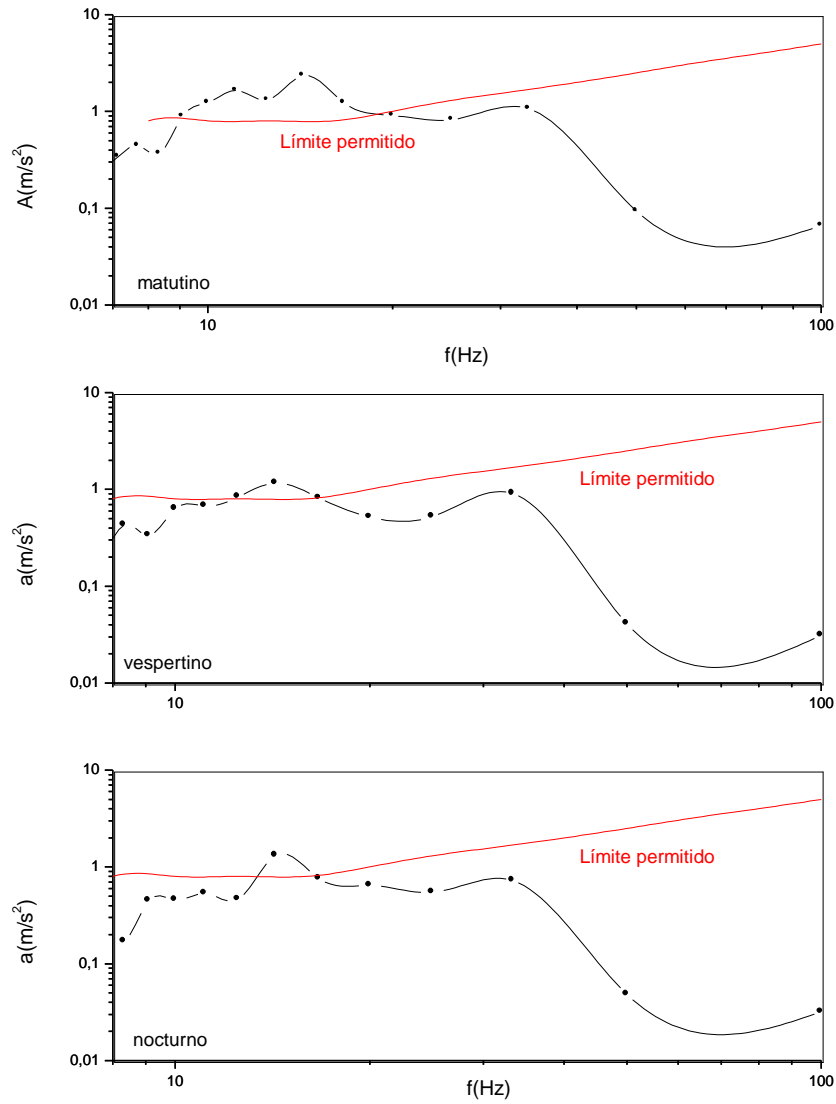
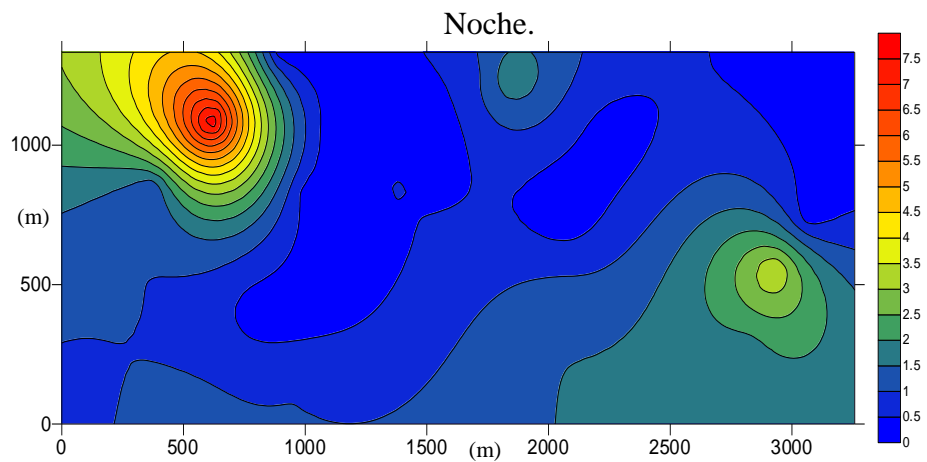
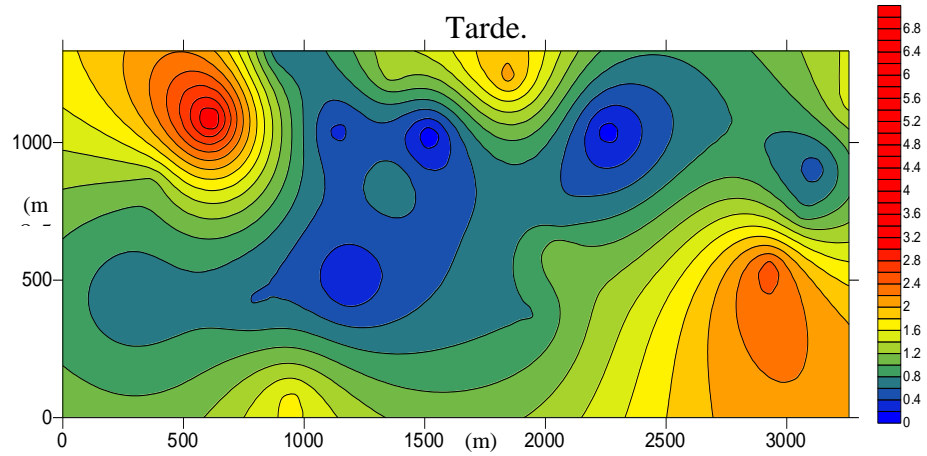
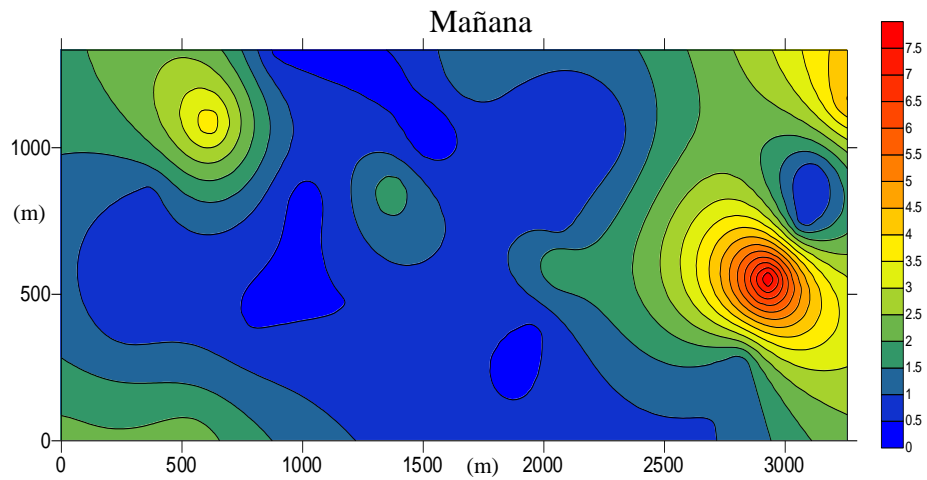


Fig. 4. Mediciones realizadas en la Vía Simón Bolívar (Transístmica).

En la Figuras 5, 6, y 7 se presentan los mapas de isolíneas para las aceleraciones máximas de las vibraciones medidas en la zona de estudio en la mañana, tarde y noche. En ellos se observa claramente que en horas de la mañana el nivel de aceleración rms de las vibraciones alcanzan valores intermedios; mientras sus máximos valores se alcanzan en horas de la tarde, y llegando a sus valores mínimos en horas de la noche.

No está demás señalar que si se comparan los lugares de máximas y mínimas vibraciones con estudios previos, en estos mismos lugares, sobre contaminación acústica (Villarreal 2003), se observa una buena correlación entre los lugares máximos y mínimos contaminación de estas dos magnitudes físicas.

Gran parte, de las medidas de aceleración de la vibración captadas son de carácter intermitente, es decir que no son continuas, sino que, su valor depende del tipo, intensidad y distancia a la fuente que la produce en el instante dado. Esto suele transmitirse, absorberse y afectar a las personas que frecuentan el sector o a transeúntes a cuerpo entero, mientras se encuentren en contacto con el pavimento, de pie o sentados, en el lugar donde arriba y se percibe la vibración. Es decir, como un todo corporal junto con sus órganos internos, cada uno con su respectiva frecuencia natural.



Figuras 5, 6 y 7. Mapa de isólinas de aceleraciones rms de las vibraciones en m/s^2 .

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las áreas estudiadas de la Ciudad de Panamá, se ha determinado que existen valores que superan los límites permisibles de la norma nacional de aceleración ambiental por vibración mecánica (Copanit 45-2000), alcanzando valores espectrales hasta de $8,1 \text{ m/s}^2$. En la mayoría de los casos aunque las vibraciones no son perceptibles por las personas (con máxima sensibilidad a 6-8 Hz), estas afectan la salud y a elementos corpóreos específicos (columna vertebral, riñones, estómago, etc.).

Las zonas en las cuales se obtuvieron los valores máximos de aceleración de la vibración muestran correlación con las de niveles máximos de las intensidades sonoras medidas en otros estudios (Villarreal 2003); estos lugares son: el cruce de la Federico Boyd y Calle 50, la Avenida de los Mártires, y la Vía Simón Bolívar. Las zonas en las cuales se obtuvieron los valores mínimos de aceleración de la vibración, también concuerdan con los niveles mínimos de intensidad sonoros reportados en trabajos previos; estos son: La Cresta, la Avenida 4ta Sur, y en la Calle 43 Este.

En función del comportamiento de los niveles sonoros y los valores de aceleraciones de vibraciones detectados, se concluye que el tráfico rodante o de equipo pesado es una de las principales fuentes de vibraciones en el área de estudio. Por esta razón se recomienda que se tomen medidas a largo plazo para disminuir el flujo de vehículos pesados que circulan en las áreas críticas de la Ciudad de Panamá. Esto puede ir acompañado regulando la velocidad de tránsito en áreas críticas, de la revisión de amortiguadores en los motorizados, reparar hoyos en las carreteras, al igual como sería designar nuevas rutas, la construcción de vías alternativas y de un tren subterráneo (metro).

Se hace necesario evaluar el interior de los centros educativos, hospitalarios, de trabajo y residenciales con el fin de controlar o mantenerlos, en la medida de lo posible, dentro de los márgenes permitidos de confort para aceleraciones de vibraciones ambientales sin riesgo a la salud.

REFERENCIAS

Wowk, V. 1991. Machinery vibration: measurement and analysis. New York, McGraw Hill.

Inman, D. 1994. Engineering vibration. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.

Pain, H.J. 1980. The Physics of Vibration and Waves, John Wiley & Sons.

Reglamento Técnico DGNTI – Copanit 45-2000 Higiene y Seguridad en Ambientes de Trabajo donde se generen Vibraciones.

Villarreal, Y., M. de los A. Castillo, A. Muñoz, J. Toral & E. Flores. 2003. Nivel de Ruido en la Ciudad de Panamá. *Tecnociencia* 5 (2): 97-108.

Comités Internacionales de la AISS. 1994. Vibraciones en el lugar de trabajo. España.

López, M. R. 1999. Ingeniería Acústica. Editorial Paraninfo.

Recibido mayo de 2005, aceptado noviembre de 2005.