



Análisis sobre el ruido generado por las explosiones de los cañones antigranizo.



1. Introducción

Nociones de acústica. El sonido es cualquier variación de la presión en el aire que puede ser detectada por el oído humano. Por definición, el ruido es un sonido no deseado. Más particularmente, el ruido es un sonido molesto, para distinguirlo de los sonidos agradables. Cuando se dice no deseado conviene tener claro qué es lo que lo hace ser al ruido no deseable, o cuando se dice que es molesto, conviene cuantificar cual es el valor de la molestia, así como a quién molesta, a unos pocos, a muchos, cuánto tiempo, etc.

El número de variaciones de la presión por segundo es lo que se llama *frecuencia* del sonido, y se mide en *Hercios* y/o *Hertz* (Hz). Cada frecuencia de un sonido produce un *tono* distinto. Se dice que un tono es grave cuando su frecuencia es baja (aproximadamente menor de 250 Hz), y que su tono es agudo cuando su frecuencia es superior a 2000 Hz. Las frecuencias comprendidas entre ambas se denominan frecuencias medias. El espectro normal de audición para un adulto joven sano va desde 20 Hz a 20.000 Hz (ó 20 KHz). Las ondas a las que llamamos sonoras son las que pueden estimular al oído y al cerebro humano dentro de los límites auditivos que son los ya mencionados de 20 Hz a cerca de 20 000 Hz por segundo. Las ondas de sonido inferiores al límite audible se llaman infrasónicas y las que superan el límite superior se llaman ultrasónicas. Los perros son sensibles a frecuencias de hasta 30.000 Hz y los murciélagos a frecuencias de hasta 100.000 Hz, es decir que estos animales escuchan sonidos ultrasónicos.

El Ruido

El ruido es un sonido o conjunto de sonidos mezclados y desordenados. Si vemos las ondas de un ruido observaremos que no poseen una longitud de onda, frecuencia, ni amplitud constantes y que se distribuyen aleatoriamente unas sobre otras. En un sonido musical las ondas de distintas frecuencias se superponen ordenadamente siguiendo una estructura armónica en función del tiempo. Por estas causas un ruido es desagradable para el oído y una pieza musical puede resultar placentera.

El nivel de ruido se mide en decibelios (db). El *db* es una relación entre una cantidad medida y un nivel de referencia acordado. La escala en db es logarítmica y utiliza 20 mPa (Umbral auditivo) como nivel de referencia, es decir, 0 db, de forma que el umbral sonoro del dolor se sitúa alrededor de 140 db. La razón de usar escalas logarítmicas en acústica se debe al amplio rango de sonidos que el oído humano puede percibir, tanto en amplitud como en frecuencia. Además, el oído responde a los cambios de una forma no lineal, reacciona a un cambio logarítmico de nivel, en toda la escala de audición.

Sonómetros

Los instrumentos utilizados para medir el nivel de ruido se denominan *sonómetros* y/o *decibelímetros* y proporcionan una indicación del nivel acústico (promediado en el tiempo) de las ondas sonoras que inciden sobre un micrófono patrón, extremadamente calibrado y que responde a todas las frecuencias audibles por igual. El nivel del sonido se visualiza normalmente sobre una escala graduada o una pantalla gráfica analógica (con aguja móvil) o digital (luces o pantallas de cristal líquido), y una llave selectora de sensibilidad.



El oído no es igualmente sensible para todas las frecuencias. Por esta razón, incluso aunque el *nivel de presión acústica* de dos sonidos pueda ser el mismo, pueden interpretarse como de distinto nivel si uno de ellos presenta una mayor concentración en las frecuencias en que el oído es más sensible. Por esta razón se incorporan en los sonómetros *filtros de ponderación* en frecuencia que modifican la sensibilidad del sonómetro con respecto a las frecuencias que son menos audibles por el oído. Muchos sonómetros están provistos de diferentes filtros de ponderación sensibilidad-frecuencia.

La *escala de ponderación A* es la utilizada más frecuentemente. La escala A está internacionalmente normalizada y se ajusta su curva de ponderación a la respuesta del oído humano. Los valores de nivel acústico medidos con esta escala se conocen como *db (decibelio)*. Hay otras escalas de ponderación utilizadas menos frecuentemente tales como la escala B, usada para sonidos de intensidad media, la escala C, usada para sonidos altos, y la escala D, usada para medida del ruido de aviones a reacción. Debido a su buen acuerdo con la respuesta subjetiva, la escala A, es la que se suele utilizar para todos los niveles, siendo relativamente poco frecuente el uso de las escalas B, C y D.

Vías de propagación.

El ruido puede transmitirse a través de múltiples vías. A través del aire o a través de un medio sólido en el que parte del sonido se reflejará, parte será absorbida, y el resto transmitido a través del objeto. Según el medio donde se transmita el sonido será más lento o más rápido. El sonido viaja en el aire a 331,3 metros por segundo. La cantidad de sonido reflejado, absorbido o transmitido depende de las propiedades del objeto, su forma, del espesor y del método de montaje, así como del ángulo de incidencia y de la onda acústica incidente. La propagación del sonido en el aire depende principalmente del tipo de fuentes de ruido, de su distribución en el espacio y de la topografía, así como de las condiciones de la atmósfera en que se realiza la propagación. El nivel de intensidad sonora al alejarse de la fuente de ruido disminuye en 6 db cada vez que se duplica la distancia a la fuente en un campo libre.

Las ondas: frecuencia y longitud de onda.

El sonido y el ruido son ondas que viajan a través de un medio que como ya se dijo puede ser el aire, pero existen muchos tipos de ondas, y pueden producir sonidos agudos y sonidos graves. Los primeros se componen de ondas que están muy juntas entre sí, y los segundos por ondas más separadas. En un sonido agudo existen más ondas en una fracción de tiempo que en un sonido grave. Al número de ondas que caben en un tiempo determinado se le llama frecuencia, y se mide en Hertz (Hz), la medida del espacio que existe entre una onda y la siguiente se llama longitud de onda, entonces cuanto más alta es la frecuencia menor es la longitud entre las ondas en un mismo tiempo y finalmente la altura que alcanzan las ondas se llama amplitud y determina el volumen del sonido.

El sonido puro.

Un sonido puro es aquel que está compuesto por ondas que poseen una frecuencia y longitud de onda iguales en el transcurso del tiempo, es decir, que es constante. Por ejemplo, la flauta dulce, el silbato, una cuerda de guitarra, una nota en la escala musical, un silbido, etc., pueden emitir ondas puras. Los sonidos en locales cerrados no son puros, sino complejos, uniéndose con sonidos impulsivos que sobresalen en relación al ruido de fondo, y a la reverberación o persistencia en un espacio cerrado, aun después de haberse interrumpido la fuente sonora.

Generadores de sonido.



Todo lo que es capaz de producir ondas que estimulan al oído es un generador de sonido. La caja de cilindros de un motor de explosión, las cuerdas vocales, el roce entre materiales y cualquier efecto que produzca vibraciones audibles es un generador de sonidos.

Contaminación auditiva o acústica.

El ruido es un sonido desagradable que se ha ido acrecentando con el desarrollo de la humanidad de la industria en general y de la urbanización; y es uno de los contaminantes del medio ambiente que presenta mayor problema para la salud del hombre y de los animales; ya que las calles se ven afectadas por los ruidos de los escapes de los automóviles y los camiones, de las bocinas y del bullicio de las grandes aglomeraciones de gente. El ruido muy intenso provoca enfermedades fisiológicas y psicológicas en el individuo. Para medir el ruido se emplea la medida logarítmica llamada "Decibelio" (db), cual se mide por medio de una escala que va desde 0 a 140 ó 160 decibelios; en los lugares donde no hay mucho ruido tienen una intensidad de entre 30 y 40 decibelios, en una calle el ruido mide aproximadamente entre 70 y 90 decibelios; pero cuando esta se encuentra con mucho tráfico puede llegar a medir hasta 130 decibelios, y esto es comparable al ruido que emite un martillo neumático que causa dolor al oído del hombre cuando lo escucha; una motocicleta provoca un ruido de 120 decibelios y el despegue de un avión hasta 150 decibelios (ver tabla 1).

En la escala de intensidad sonora, nuestro campo auditivo está limitado, por abajo, por el umbral de audición, y por arriba, por el umbral de dolor. Los especialistas otólogos y audiólogos hablan también de un umbral de riesgo, nivel sonoro máximo al que un oído humano no debería verse sometido por la grave e irreversible consecuencia que podrían derivarse. A partir de este nivel de 90 db, los ruidos son como mínimo molestos, y sus consecuencias sobre todo psicológicas o psicosomáticas. Por encima de los 100 db entramos en zona roja, en la que el riesgo para el oído es real. La naturaleza del peligro en cuestión depende de la combinación de tres factores: intensidad del ruido, duración de la exposición al ruido y resistencia de nuestro organismo.

Los efectos patológicos del ruido en el ser humano pueden ser pérdida auditiva que hacen al paciente padecer: ansiedad, aislamiento, vergüenza, molestias, alteraciones fisiológicas, pitidos internos, vértigos, interferencias en la comunicación, etc. El ruido puede interferir la comunicación verbal, bien directa, telefónicamente o por megafonía, hasta hacerla imposible. Además, el ruido puede causar efectos sobre: sistema cardiovascular, con alteraciones del ritmo cardíaco, riesgo coronario, hipertensión arterial y excitabilidad vascular por efectos de carácter neurovegetativo, glándulas endocrinas, con alteraciones hipofisarias y aumento de la secreción de adrenalina, aparato digestivo, con incremento de enfermedad gastroduodenal por dificultar el descanso, otras afecciones, por incremento inductor de estrés, aumento de alteraciones mentales, tendencia a actitudes agresivas, dificultades de observación, concentración, rendimiento y facilitando los accidentes, sordera por niveles de 90 db y superiores mantenidos.

Los efectos psicológicos que produce el ruido ocasionan en el hombre dolores de cabeza, pérdida del sueño y del apetito, así como insatisfacciones y molestias; en los trabajos en que los hombres están expuestos a un ruido intenso les puede provocar un rendimiento más bajo de lo normal. Además el ruido causa alteraciones síquicas, estrés y problemas nerviosos que afectan cada día más a los empleados de las grandes y pequeñas industrias de las zonas urbanas. Los efectos fisiológicos y patológicos que causa el ruido son sorderas profesionales, fatiga auditiva, traumatismos acústicos y el encubrimiento.



La fatiga auditiva provoca un aumento temporal de la audición y es causado por ruidos que miden de 90 decibelios en adelante. La disminución auditiva es cada día un problema más frecuente que ataca principalmente a los hombres mayores de 30 años; la contaminación auditiva es una de las más peligrosas para la vida del hombre, pues le provoca una gran agresividad, así como varias enfermedades físicas como alteraciones digestivas de la presión arterial, del sistema respiratorio y del ritmo cardíaco.

La actividad normal del ser humano provoca un nivel de ruido de 55 decibelios. Cuando se superan los 65, el ruido comienza a ser molesto, y si se sobrepasan los 85 decibelios puede ser perjudicial para la salud. No obstante, el ser humano no puede descansar con niveles de ruido superiores a los 35 o 40 decibelios.

Los problemas de audición se detectan en individuos con edades comprendidas entre los 30 y los 45 años, cuando hace unos años estas dolencias no eran habituales hasta los 60 años. Un nivel sonoro a partir de los 85 decibelios produce la mencionada fatiga auditiva, y a partir de los 100 se puede lesionar seriamente el oído, los excesos de ruidos pueden provocar un aumento de la presión arterial e infartos de miocardio en personas sometidas a altos niveles; así, los individuos expuestos a los 90 decibelios pueden presentar alteraciones de la circulación coronaria, similares a las provocadas después de una prueba de esfuerzo.

La de la voz humana es de unos 60 db, mientras que la contaminación acústica puede producir ruidos tan intensos como el de un avión, que a veces supera los 140 dB. Una exposición constante a un nivel de ruido de más de 85 db puede causar daños irreparables en el oído, además de trastornos psicológicos. Otro aspecto fundamental del sonido es la frecuencia: lo que lo hace más o menos grave o agudo.

Un informe publicado en 1995 por la Universidad de Estocolmo para la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 db como el límite superior deseable. Se puede afirmar, que las cifras medias de las legislaciones europeas, marcan como límite aceptable 65 db durante el día y 55 db durante la noche.

Tabla 1. Escala de ruidos y efectos que producen

Decibeles	Ejemplo	Efecto. Daño a largo plazo
10	Respiración Rumor de hojas – Pájaros trinando	Gran tranquilidad
20	Susurro	Gran tranquilidad
30	Campo por la noche	Gran tranquilidad
40	Biblioteca	Tranquilidad
50	Conversación tranquila	Tranquilidad
60	Conversación en el aula	Algo molesto
70	Aspiradora Televisión alta	Molesto
80	Lavadora Fábrica Molesto	Daño posible
85	Trafico rodado	Daño posible
90	Moto Camión ruidoso – claxon	Muy molesto Daños
100	Cortadora de césped - Claxon autobús	Muy molesto Daños
110	Bocina a 1 m Grupo de rock – Interior discotecas	Muy molesto Daños
120	Sirena cercana - Taladradores	Algo de dolor
130	Cascos de música estrepitosos - Avión sobre la ciudad	Algo de dolor
140	Umbral de dolor - Cubierta de portaaviones	Dolor
150	Despegue de avión a 25 m	Rotura del tímpano

1.1 Planteamiento del problema



La instalación de sistemas de cañones antigranizo ha sido polémica en los últimos años, argumentando que provocan disminución de precipitaciones, pero sobre todo supuestas molestias auditivas de las personas que viven cerca de los sitios donde están instalados. De ahí que surge la pregunta ¿los cañones antigranizo están provocando contaminación auditiva y efectos patológicos y psicológicos en los habitantes de las zonas rurales aledañas a las instalaciones de dichos sistemas?

1.2 Objetivo general

Determinar si los sistemas de cañones antigranizo están provocando contaminación auditiva y efectos patológicos y psicológicos en los habitantes de las zonas rurales aledañas a las instalaciones de dichos sistemas.

1.3 Niveles de ruido provocados por el sistema de cañones antigranizo.

Funcionamiento del sistema de cañón antigranizo: Los cañones antigranizo regularmente son aparatos con un difusor de seis metros de altura y una boca con un diámetro variado según el campo de acción (aproximadamente de 80 cm). En su base se encuentran dos reguladores móviles de entrada de aire (clapetas), un inyector, mezclador de gas y electrodos de encendido. El gas acetileno ó propano mezclado con la cantidad de aire apropiado, explotará violentamente. Las explosiones se monitorean a través de un control electrónico que ejecuta el encendido y controla la cantidad apropiada de gas, hace una pausa y enciende la mezcla. El control posee un detector que confirma que la explosión ha ocurrido, manteniendo el ciclo trabajando en continuo. Si no hay una explosión, el programa de encendido se desactiva.

El sistema, provee una onda de choque que es proyectada hacia el centro de la nube de granizo, con un empuje de ondas de choque ionizantes de dos mil kilogramos cada seis segundos a una frecuencia de 10 disparos por minuto, teniendo en cuenta que la propagación de la onda es la de la velocidad del sonido (330 m/s). Con esta frecuencia se consigue que la onda de choque sea generada antes de que la anterior expire manteniendo el flujo continuo de iones positivos a la base de la tormenta. Estas ondas crecen en diámetro, propagándose 3000 m. en su diámetro, las cuales salen por encima del generador, produciendo una onda de choque elíptica de baja frecuencia. Cuando el generador se calienta, permite la formación de la onda de choque denominada "torre", la cual, levanta iones positivos, y los arrastra desde la superficie terrestre hacia arriba al interior de la nube . Estos iones positivos desestabilizan la formación del granizo. Las nubes se vuelven homogéneas y no pueden producir granizo mientras que se encuentren en la zona de choque. La onda de choque también posee su sonido bien definido, después de que el cañón hace la explosión, se escucha un sonido similar al de un silbido en un tono muy alto, ascendiendo desde la boca del generador. Este sonido es la onda de choque y esta ha sido detectada, en algunas oportunidades, entre los 8000 y 12000 m. de altura.

La frecuencia de la onda ionizante rompe, o en el mayor de los casos, previene la formación del granizo, facilitando que la nube descargue su contenido en forma de gotas de agua, o sea, de lluvia.

En estimaciones hechas por empresas fabricantes de estos equipos se han registrado valores de explosión de la cámara de combustión de aproximadamente 125 decibeles enfrente del generador. El sonido se encuentra dentro del rango de baja frecuencia. Este disminuye progresivamente a medida que se aleja del generador. Se han realizado mediciones a 100 metros de distancia de 50 db, a campo abierto con tiempo despejado.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS / DEPTO. DE FÍSICA
INSTITUTO DE ASTRONOMÍA Y METEOROLOGÍA



Mediciones realizadas con diferentes sistemas instalados en México han dado registros a 100 m de 85 db, a 150 m de 79 db, 500 m de 73 db y a 1000 m de 65 db.

Es importante señalar que en el caso de los cañones antigranizo el tiro de la onda de choque es hacia arriba y debido a que normalmente se instalan a campo abierto son mínimos los efectos de sonido reflejado, absorbido o transmitido, además que no hay ángulo de incidencia y de reflexión que puedan dirigir la onda hacia la superficie. Así, la propagación del sonido en el aire es prácticamente de tiro vertical hacia las partes altas de la atmósfera y solo podría ser influenciada por la presencia de orografía importante (cerros, montañas, volcanes) en el sitio donde haya sido instalado el cañón y en algunas ocasiones a las condiciones de la atmósfera en que se realiza la propagación.

Conclusiones.

1. En base a los resultados mostrados se mantiene válida la hipótesis de la disminución de la intensidad sonora evaluada en estudios, en los que al alejarse de la fuente de ruido, este disminuye en 6 db cada vez que se duplica la distancia a la fuente en un campo libre.
2. De acuerdo con los registros en diferentes lugares, se puede afirmar que a distancias superiores de 1000 m el ruido percibido sería similar al de una conversación normal, lo cual no puede provocar efectos negativos en el ser humano y debido a las bajas frecuencias, no afectaría a los animales, por lo que se puede considerar desde el punto de vista acústico que es totalmente ecológico.
3. Analizando desde el punto de vista de contaminación del aire, la quema de acetileno y/o propano únicamente generaría gases típicos de combustión CO, NO₂, NO_x, SO₂ en cantidades moderadas por lo que tampoco se consideraría como fuente de contaminación ambiental y no provoca consecuencias negativas en especies de flora y fauna.

Conclusión General

En base a los resultados evaluados en diversos países con los sistemas antigranizo se concluye que los sistemas son totalmente ecológicos, tanto desde el punto de vista acústico como de contaminación del aire. Las distancias a las que son instalados no permiten que las ondas de choque provoquen que los habitantes de las zonas rurales puedan recibir ruidos perjudiciales a su salud y la calidad de su aire no es significativamente modificado por el uso de dichos sistemas.

Bibliografía Consultada

- Organización Panamericana de la Salud. Criterios de salud ambiental: El ruido. México; 1980.
- Viñolas Prat, Jordi.- Contaminación por ruido: formulación del problema y de las medidas a adoptar para reducir sus efectos.
- ¿Qué quieres saber de la ciencia? Ed. Océano, 1982.
- Cosmos, Carl Sagan. Ed. Planeta, 1983 (7ª edición).
- La ciencia de la biología, Paul Weisz. Ed. Omega.
- Revista Consumer, Abril 1999.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS / DEPTO. DE FÍSICA
INSTITUTO DE ASTRONOMÍA Y METEOROLOGÍA



Informe preparado por:

Dr. Hermes U. Ramírez Sánchez
Profesor Investigador Titular "C"
Especialista en Medio Ambiente
Instituto de Astronomía y Meteorología
Universidad de Guadalajara