

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el control de ruido ofrece soluciones a problemas de contaminación acústica, que en años pasados pasaban inadvertidos o no eran una de las prioridades en el diseño y construcción de productos de uso doméstico e industrial, como lo son las UPS (uninterruptible power system) o (sistemas de alimentación continua), que fundamentalmente son dispositivos que suministran una determinada cantidad de tensión constante o voltaje a equipos periféricos, por ejemplo: una red de computadores, equipos médicos, instituciones gubernamentales, entre otros, cuando la red de energía externa falle o se interrumpa.

Estas UPS (Sistemas de alimentación continua) por administrar grandes cantidades de energía eléctrica, generan calor desde su interior, debido a esto poseen dispositivos de refrigeración, que se consideran son las principales fuentes de ruido.

En el presente proyecto se muestra el diseño y desarrollo de un producto que disminuirá el nivel de ruido generado por las UPS (Sistemas de Alimentación Continua) de 3 Kva., este producto se denomina Atenuador de ruido para UPS de 3 Kva., con el cual se pretende disminuir los niveles de ruido generados por dichos dispositivos.

Este diseño experimental, pretende ofrecer una solución eficiente a bajo costo, basado en mediciones en campo libre y diseño y construcción del modelo aplicando materiales comunes con propiedades acústicas relevantes.

La importancia de esta investigación es comenzar a implementar una cultura de control ambiental, enfocada particularmente al control de ruido que emiten los dispositivos de uso común, y extenderla en la industria a nivel nacional.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

En cuanto a la reducción de ruido en UPS (Sistemas de Alimentación Continua), no se han conseguido estudios ni experimentos a fin de crear un dispositivo que reduzca el ruido que estas generan, únicamente se fijan parámetros de reducción de ruido en sus transformadores internos, pero para la investigación serán irrelevantes ya que sus niveles de ruido están por debajo piso de ruido a medir.

Tanto a nivel Colombia como en el exterior, el control de emisiones de ruido en las UPS (Sistemas de Alimentación Continua), no ha sido un tema de investigación ni experimentación.

En nuestro país se consideran alrededor de unas 10 empresas dedicadas a la fabricación de UPS, y ninguna hasta ahora se había preocupado por el ruido que generan sus productos, como es el caso de Proyectos Especiales Ingeniería P.E.I. Ltda., ubicada en la Cl. 22c # 24-34, en Bogotá D.C. empresa que esta interesada en el proyecto y facilitara en gran parte el desarrollo del mismo.

UPS (uninterruptible power system) por su sigla en ingles, describe un sistema ininterrumpido de potencia, que se conforma de un rectificador que toma energía AC la convierte en energía DC y de un inversor que toma esta energía y la convierte en AC totalmente controlada y regulada. A este proceso se le llama

doble conversión y permite que la potencia de salida de la UPS sea aislada del suministro AC y de la red pública.

Estas UPS cuentan con un rack de baterías conectado al módulo DC del equipo, dichas baterías varían según el tiempo de reserva y de carga que el usuario desee, a esto se le denomina autonomía que puede llegar a ser de varias horas si están a plena carga

MODOS DE OPERACIÓN DE LAS UPS

MODO NORMAL: En el modo Normal de operación, el voltaje de alimentación es de un nivel tal que no hay necesidad que entre el Inversor a funcionar; por lo tanto el voltaje de Entrada pasa por el filtro y después energiza la carga a través del Switch de Transferencia el cual está Normalmente cerrado tomando en cuenta que es un relevador. La corriente fluye desde la Entrada y hacia la carga y una pequeña cantidad de corriente es rectificificada por el cargador de baterías y utilizada para mantener la batería en “flotación”. El Inversor se encuentra apagado (en stand-by). Ver Diagrama 1

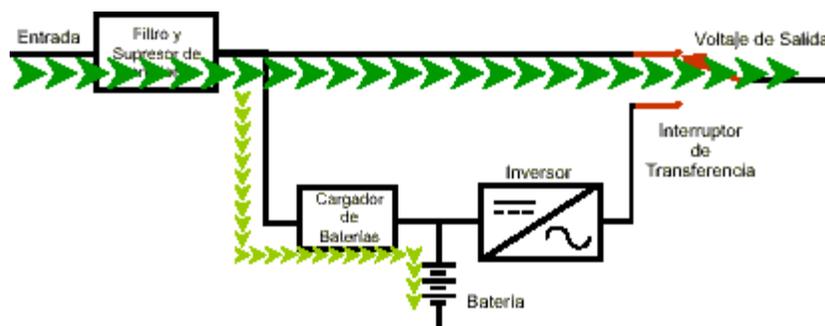


Diagrama 1. Modo normal

MODO BATERÍAS: Cuando el voltaje de alimentación de la UPS se sale de la ventana predeterminada de operación, el UPS se va a Modo Baterías. El voltaje de Entrada tiene una ventana “aceptable de operación” que suele ser de un +/-

15% aproximadamente, esta ventana se escoge tomando en cuenta que voltaje es adecuado para alimentar la carga. Siendo el voltaje nominal de 120 voltios, la ventana iría desde 102 voltios y hasta 138 voltios, dentro de este rango de voltaje, la UPS entregará ese mismo voltaje a la salida solamente acondicionado por el Filtro. Si el voltaje de Entrada es menor a 102 voltios ó mayor a 138 voltios, entonces el Control de la UPS enciende inmediatamente el Inversor al mismo tiempo que manda energizar el relevador de transferencia, cuando el relevador conmuta el Inversor ya está encendido y listo para energizar la carga. Es importante hacer notar que el voltaje del Inversor es regulado y entrega un voltaje de 120 VCA +/-3% a 60.0 Hz (la frecuencia controlada por cristal) aún y cuando inicialmente el voltaje de baterías inicia en unos 14.0 voltios y cuando la batería está totalmente descargada el voltaje es de 10.5 voltios. (Esto para en caso de que la batería del UPS sea solamente una de 12 voltios). Ver Diagrama 2

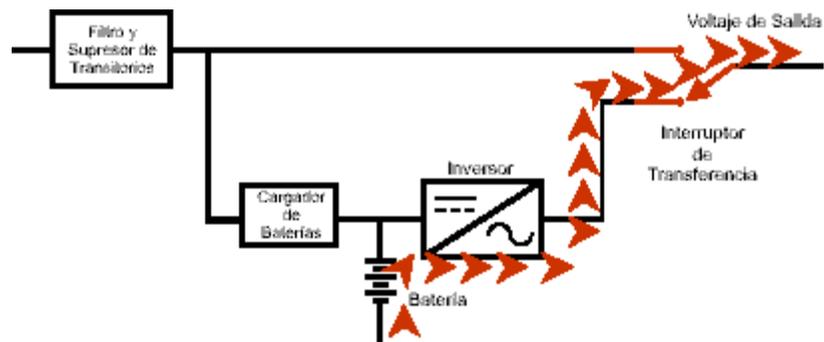


Diagrama 2. Modo de baterías

REGRESO A OPERACIÓN NORMAL: Una vez que el voltaje regresa a los límites permitidos, el switch de transferencia ó relevador de transferencia se desenergiza y la UPS regresa a operación Normal donde la carga es nuevamente alimentada por el voltaje de Entrada. El Inversor se apaga al mismo tiempo y la batería se comienza a recargar hasta que llegue nuevamente a su estado de cargada al 100%. El tiempo que tarde en recargarse al 100% la batería depende del tiempo que el equipo duró en baterías y generalmente es de 10 veces el tiempo que duró la descarga, es decir que si la UPS estuvo por 5 minutos en baterías la batería

estará casi totalmente recargada en unos 50 minutos. Esto varía un poco dependiendo del fabricante de la UPS.

También se clasifican por su modo de funcionamiento de la UPS, en tres:

Stand by:

Son aquellas que mientras existe una tensión de entrada dentro de un determinado rango, la energía de la red se filtra y pasa a los equipos conectados. Cuando la tensión de entrada sale de rango, la UPS actúa generando energía desde sus baterías.

Interactivas:

Tienen un comportamiento similar al anterior, pero las diferencia el hecho de poseer un estabilizador. De esta manera la UPS "interactúa" con la energía de la red. Si la tensión de entrada es demasiado baja o demasiado alta, la UPS estabiliza esta tensión, ya sea aumentando o disminuyendo la tensión de red. Cuando ésta sale de rango, la UPS genera energía desde sus baterías. Estas UPS son más complejas que las Stand By, pero proveen una mejor tensión de alimentación hacia los equipos conectados a ella.

On-line:

Las UPS on line son el tope de toda gama. Estas generan la energía siempre, aún cuando existe tensión de alimentación en la red. Se garantiza de esta manera una tensión siempre estable, sin variaciones, sin ruidos, aislada de cualquier perturbación de la red domiciliaria. Además, esta característica hace que las mismas puedan trabajar sin inconvenientes con generadores, aún cuando los mismos puedan tener una frecuencia variable o fuera de rango. Su sistema de doble conversión (convierte la corriente alterna de red en corriente continua, para luego volver a convertirla en alterna) asegura que aún ante perturbaciones de gran

magnitud, como descargas atmosféricas, los equipos conectados a la misma no serán afectados.

Aplicaciones Típicas de las UPS según el tipo:

Stand By:

Hogar y SOHO (*Small office, home office*) particularmente en regiones donde la tensión no reviste mayores variaciones fuera del rango normal de 220 VAC.

Interactivas:

Hogar, SOHO, comunicaciones, servidores, donde la tensión puede tener valores demasiado fluctuantes, sin que necesariamente lleguen a producirse micro cortes o interrupciones en el servicio. Dentro de éstas, las de forma de onda de salida senoidal se adecuan a sistemas de comunicaciones y servidores, fundamentalmente en redes de alta velocidad. También aptas para equipamiento de medición, sistemas de balanzas digitales, centrales telefónicas de mediana capacidad, etc.

On-line:

Para sistemas de misiones críticas, servidores de bases de datos y comunicaciones, redes de alta velocidad, sistemas de comunicación digital y satelital, equipamiento de laboratorio, electromedicina y diagnóstico quirúrgico. Sistemas de gran autonomía compatibles con generadores, o donde no debe existir tiempo de transferencia. Regiones donde la posibilidad de descargas eléctricas atmosféricas sobre la red de distribución es alta.¹

¹ Beaudet J, Fiorina J, Pinon O, "UPS Technology and Standard",. Pagina Web de MGE UPS Systems. www.mgeups.com

1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La principal fuente de ruido de las UPS (Sistemas de alimentación continua) de 3Kva., se encuentra en su sistema de refrigeración, que consta de un ventilador axial montado en uno de sus costados, otra fuente de ruido que se tuvo en cuenta son los bobinados internos de las UPS que emiten un ruido característico al fluir la energía por ellos, y los transformadores de interrupción que generan un ruido impulsivo de baja intensidad.

Así el desarrollo de este proyecto responde a la pregunta ¿Cómo reducir el ruido que emiten las UPS (Sistemas de alimentación continua) de 3Kva., durante su funcionamiento?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Es importante que los seres humanos mejoren la calidad de vida, dentro de esto cabe mencionar la reducción de los problemas de salud generados por el ruido de los equipos eléctricos en una oficina, la disminución del ruido de fondo en ambientes médicos como una unidad de cuidados intensivos o simplemente lograr un ambiente mas silencioso en el área de estudio en un hogar; es el aporte que este proyecto hace como una pieza mas en la construcción de una sociedad mejor.

El desarrollo de este proyecto posicionará al ingeniero de sonido de la Universidad de San Buenaventura, como persona idónea para el tratamiento y control de ruido

en equipos de uso domestico, medico y de oficina; y servirá como precedente para que la industria nacional en un futuro cercano requiera el apoyo de la Ingeniería de Sonido como una herramienta más en sus líneas de diseño y producción.

La realización de este proyecto es factible, ya que cuenta con el apoyo técnico y logístico de una de las más importantes empresas que fabrican y comercializan UPS (Sistemas de alimentación continua) en el país.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un dispositivo que permita la disminución del nivel de ruido que generan las UPS (Sistemas de alimentación continua) durante su funcionamiento, construido con materiales de uso común (bajo costo), cuyas propiedades físicas y acústicas se ajusten a los parámetros de medición y absorción.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar cuantas y cuales son las fuentes de ruido que poseen las UPS.
- Definir que tipos de ruido se encuentran en las fuentes encontradas dentro de las UPS.
- Realizar el análisis frecuencial de los tipos de ruido hallados.
- Diseñar mediante CAD la forma del dispositivo atenuador.
- Construir el prototipo del dispositivo atenuador.
- Ubicar el dispositivo atenuador correctamente en las UPS

- Realizar mediciones con diferentes materiales según propiedades acústicas de los mismos.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Construir el prototipo definitivo.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.5.1. ALCANCES

Con el desarrollo de este proyecto se espera que se inicie una cadena de proyectos más, encaminados a solucionar problemas de ruido emitido por equipos y en general productos, ya sea de orden laboral como domestico, particularmente es aplicable a cualquier equipo que tenga un sistema de refrigeración basado en ventiladores axiales.

Los resultados que genere el desarrollo de este proyecto, pueden llegar a despertar el interés de organizaciones gubernamentales, en cuanto al estudio de los efectos del ruido en las personas, y que se plantee una legislación que reglamente el uso de los correspondientes dispositivos de atenuación sonora.

1.5.2. LIMITACIONES

Para el desarrollo de este proyecto, el uso de una cámara anecoica, es un factor importante ya que permite obtener datos más precisos en las mediciones realizadas, sin embargo la normativa de medición permitió hacer dichas mediciones en campo libre, sin que afectara considerablemente el resultado.

Dado que es la primera vez que se hace un estudio en este tipo de equipos, se requiere un periodo de tiempo más prolongado para el desarrollo del proyecto en la medida que se establece una adecuada metodología.

El desconocimiento de los coeficientes de absorción de los materiales elegidos, ya que el fabricante no ha realizado estudios acústicos sobre ellos.

2. MARCO DE REFERENCIAS

2.1. MARCO CONCEPTUAL

Se considera ruido a todo sonido que tiene una intensidad alta, no es deseado y generalmente es incoherente, se considera un factor de contaminación que afecta seriamente la salud, sin embargo la idea de ruido puede ser subjetiva, por ejemplo si para una persona el sonido del viento es ruido, para otra no.

El control de ruido es la aplicación de técnicas para identificar, las fuentes de ruido, el medio en que se propaga y como es percibido por un ser humano, para de este modo desarrollar una solución, establecer normas y planificar la mayoría de los proyectos de todo tipo y alcance.

Ruido de fondo: En la medición de vibraciones de máquina, siempre habrá componentes en el espectro, que no son de interés, y que pueden ser causados por procesos ajenos a la máquina que se analiza. Esos componentes se llaman colectivamente el ruido de fondo y pueden a veces esconder los datos de interés. Se puede hacer una estimación del ruido de fondo, tomando una medición con la máquina apagada. Los instrumentos mismos contribuyen algo del ruido, que son principalmente señales aleatorias, frecuencia de línea, y sus armónicos. Una manera de reducir el efecto del ruido de fondo es el uso de promedio de tiempo síncrono.

Nivel de presión sonora

Es el nivel de presión sonora sin ponderar en todo el rango de frecuencias audibles (20 a 20.000 Hz).

Representa el valor instantáneo del nivel de presión sonora. Este índice no proporciona información sobre la variabilidad del ruido, ni sobre su composición espectral.

Nivel de presión sonora ponderado (ponderación A)

Son los valores de presión acústica en todo el rango de frecuencias a los que se aplica la curva de ponderación A para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

De la misma forma que el anterior, este índice sólo nos proporciona información sobre el nivel de presión sonora.

Nivel sonoro continuo equivalente

Es el nivel en dBA de un ruido de nivel constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía sonora que el ruido real considerado, durante un período de tiempo T.

$$L_{Aeq} = 10 \log [1/T \cdot (\sum T_i \cdot 10^{L_i/10})]$$

donde:

L_i = Nivel de presión sonora (dBA) en el período "i"

T_i = Duración del período "i"

T = Período de tiempo total

En la Tabla 1. se muestran los niveles sonoros continuos equivalentes de ruido aéreo, que se recomienda no sobrepasar en los locales.²

TIPO DE EDIFICIO	LOCAL	L _{Aeq} (dBA) (8 - 22 h)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	40
	Servicios	50
	Zonas comunes	50
Administrativo y de oficinas	Despachos profesional.	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Sanitario	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	30
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas comunes	50

Tabla 1. Niveles sonoros continuos equivalentes de ruido aéreo (NBE-CA-82).

El análisis espectral es una forma de "ver" con lupa el sonido, observar todos sus componentes, sus intensidades y transformaciones, desensamblándolo para así poder crear nuevos ensamblajes que funcionen coherentemente obedeciendo a las intenciones del compositor. Es un método que facilita la creación de una funcionalidad armónica que sirva para propósitos individuales. Una armonía no basada en reglas sino en las necesidades propias del compositor y de la finalidad de la obra, siguiendo la naturaleza misma de la acústica. Una armonía que no se reduce a los sonidos temperados. Una armonía que está fundida con un todo en transformación continua, donde las fronteras entre sonido y ruido, entre tiempo y

² NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas., Ana Hernández Calleja pagina Web., http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_503.htm

espacio, entre color y altura, no están del todo claras, pues forman juntas una materia sonora viva, en la que los enlaces entre "acorde y acorde" ya no se reducen a las alturas sino a todos los componentes de la materia sonora.

El análisis de espectro es una técnica que consiste en descomponer los sonidos en las frecuencias que los forman, mostrando en un gráfico el *peso* relativo de cada una en el total. Sirve para identificar cuáles están más presentes, ya que a igualdad de nivel sonoro, resultan menos molestos los ruidos predominantemente graves que aquéllos con mayoría de agudos. Un análisis de espectro también facilita la identificación de las fuentes de vibración no deseadas, y sirve para ecualizar las instalaciones de sonorización, compensando en tiempo real la respuesta en frecuencia de los equipos y altavoces según las características acústicas del local, en las que influyen desde la absorción de los materiales hasta la ocupación de público.

El Aislamiento acústico es la protección de un recinto contra la penetración de sonidos. Se trata de reducir el ruido tanto aéreo como estructural que llega al receptor a través del obstáculo. Un buen aislamiento pretende que la energía transmitida sea mínima. Esto implica un aumento de energía disipada y/o reflejada sin que tenga importancia el reparto entre ellas, ni la acústica de local emisor. Los materiales adecuados para un aislamiento acústico son aquellos que tienen la propiedad de reflejar o absorber una parte importante de energía de la onda incidente.

La Absorción acústica Pretende mejorar la acústica de un local de tal forma que se reduzca el sonido que vuelve al mismo. Esto supone aumentar la energía disipada y/o transmitida sin que importe el reparto entre ellas ni el ruido que llegue a otro u otros locales.

El panel sándwich actúa tanto como aislante acústico, evitando que los ruidos lo traspasen, como absorbente acústico, mejorando el confort interno del local o nave industrial.

El incremento de la absorción acústica de un panel sándwich se consigue perforando la chapa interna un mínimo de un 22% de su superficie. Esta solución, aunque perjudica el valor del aislamiento acústico del panel, es muy útil en aquellos casos en que es necesario reducir los valores sonoros internos o la reverberación.

En el caso de paneles sándwich aislados con lana mineral, la elasticidad de este material y su estructura abierta dota a estos paneles de una alta capacidad para absorber la energía que produce el ruido, y evitar el efecto de acoplamiento de ondas estacionarias entre capas, obteniéndose unos valores de absorción ciertamente importantes.

La Trascendencia de ruidos es aquel comportamiento físico que presentan los materiales por el cual tienen distintos grados de “transparencia sonora” en función de la frecuencia. En una situación de máxima simplificación, la magnitud que expresa el grado de aislamiento (concepto complementario de transparencia) es la Transmission Loss (perdida por transmisión), TL, de una partición o pared. Su unidad es el decibel y se define matemáticamente como:

$$TL = 10 \log (1/\alpha_t) \text{ siendo } \alpha_t \text{ el coeficiente de transmisión acústica de una pared}$$
$$\alpha_t = (\text{Energía transmitida} / \text{Energía incidente})$$

La Transmission Loss (perdida por transmisión) es función de la frecuencia de la fuente y de la masa de la pared, por lo que a bajas frecuencias siempre habrá menos aislamiento sonoro respecto de las altas frecuencias. La ley que refleja este comportamiento es la Ley de Masas. Para el aislamiento de las bajas

frecuencias tenemos dos opciones: utilizar mucha masa o consumir mucho espacio.

En un mayor grado de realidad los trayectos sonoros se pueden dividir en primarios y secundarios, siendo los primeros los enfrentados directamente con la fuente, mientras que los segundos son aquellos que no lo están. El ruido trascendente será entonces la suma de la energía a través de ambos tipos de trayectos. En los casos críticos el colocar aislamiento sonoro sólo en el trayecto primario no soluciona el problema y sólo trae más frustración.

Entonces dada una fuente sonora será necesario evitar su trascendencia hasta cierto punto (cierto Nivel de Presión Sonora). Dicho límite está impuesto por, si existe un vecino agraviado por ello, las normas vigentes y por las autoridades de la Ciudad o Sección Cívica y, si afecta nuestra actividad profesional, privada, etc, nuestro sentido común y conocimiento.

2.2. MARCO LEGAL O NORMATIVO

La normativa que rige el estudio y desarrollo del proyecto se enuncia a continuación.

NTC 4650 Acústica. Medición del ruido transmitido en el aire, emitido por computadores y equipo de oficina..

Ntc 4660 Acústica. Valores Declarados De Emisión De Ruidos De Computadores Y Equipo De Oficina.

Norma básica de la edificación NBE-CA-88, sobre condiciones acústicas en los edificios.

2.3. MARCO TEÓRICO

Materiales fonoabsorbentes

Para predecir la atenuación de los niveles sonoros dentro de un recinto mediante las técnicas de absorción, deben conocerse los coeficientes de absorción sonora de los materiales a emplear, porque ellos definirán el valor medio de este coeficiente y por lo tanto el de una constante R. Lo primero que se destaca es que cada elemento posee un coeficiente de absorción para cada banda de frecuencias.

Los materiales absorbentes genuinos deben ser permeables al paso del aire, del tipo de los fibrosos o con poros intercomunicados. Todos ellos tienen en común que su eficiencia está confinada a un rango pequeño de frecuencias por lo que es necesario contar con elementos complementarios para ampliar este rango.

La frecuencia de resonancia es el parámetro más importante para la selección de la membrana, depende de la densidad superficial de la placa usada como membrana y su separación de la pared. La primera es igual a la densidad de volumen del material de la membrana multiplicada por su espesor.

Cuando se conoce la curva o tabla de absorción de uno o más materiales, puede predecirse la atenuación que originará sobre los niveles sonoros existentes en el interior de un recinto.

Los materiales absorbentes reducen el nivel sonoro interior con lo que es menor el ruido capaz de transmitirse al exterior, evitando además en gran medida la fuga de ruido a través de aberturas o sellados defectuosos.

Materiales aislantes

Pare que un material se comporte como aislante debe presentar propiedades esencialmente diferentes como: ser impermeables al paso del aire, es decir no porosos, pesado y convenientemente poco rígidos. Estas propiedades son opuestas a las de los materiales absorbentes.

Si bien todos los materiales al interponerse en el camino de l sonido proveen una cierta atenuación sonora, para ser considerado como aislante, esa capacidad debe ser suficientemente elevada como para hacerlo beneficioso el costo por decibel atenuado.

Ley de masas y ley frecuencias

La ley de masas es una relación muy sencilla entre la aislamiento y el peso y espesor de un panel (expresada por su densidad superficial igual al producto de la densidad por espesor), que en forma resumida dice que para una determinada banda de frecuencias, cada vez que se duplica la densidad superficial, la aislamiento aumenta en 5 decibeles, en la misma banda de frecuencias.

Esta ley se combina con una similar llamada ley de frecuencias, en la que cumple que el aislamiento de un determinado panel aumenta en 5 decibeles con cada ameno de una octava en el espectro del ruido en cuestión.

Para la validez de estas leyes se supone que el panel es impermeable al paso del aire.

Si se considera un determinado panel (densidad y espesor definidos), su eficiencia como aislante aumenta con la frecuencia, mientras que para la misma frecuencia, el aislamiento de los paneles aumenta por igual con la densidad del material y su

espesor. Ambos resultados son los previstos por la ley de frecuencias y ley de masas respectivamente.³

Ruido de Ventilación

Por definición un ventilador es un aparato capaz de dirigir aire gracias a un propulsor giratorio mecánico. Un ventilador posee a menos una cavidad de entrada y otra de salida; estas pueden disponer de elementos de conexión al conducto principal. Las diversas instalaciones de ventilación precisan de ventiladores con distintas características de funcionamiento. Las características de funcionamiento de los ventiladores incluyendo las de emisión de ruido, vienen determinadas primordialmente por el diseño del propulsor giratorio.

Cada vez que un alabe atraviesa un determinado punto, el aire situado en ese punto recibe un impulso. La tasa de repeticiones de ese impulso, o frecuencia de paso del alabe, normalmente llamada frecuencia del alabe, determina el tono fundamental emitido. Duplicando el número de alabes del ventilador o la velocidad de giro se consigue una duplicación de la frecuencia del alabe básica. En conclusión se producen varios tipos de sonido que dependen de la forma del impulso de aire.

Los tonos de banda fina que genera un ventilador son fundamentales para el control de ruido del sistema de ventilador. En muchos casos relativos a problemas con ventiladores, la principal dificultad radica en el componente de frecuencias discretas causado por la frecuencia de los alabes de la hélice. Se deberá entonces prestar atención a las bandas de octava dentro de las cuales se produce este componente de frecuencias, ya que el oído es capaz de identificar un determinado tono en el ruido ambiental, y este por tanto causar molestias. Las propiedades de atenuación del sistema deben adecuarse completamente a esa banda de octava.

³ L.L. Beranek, Acústica, Editorial Hispano Americana S.A., Buenos Aires, 1969. Capítulo 2, 3 y 7.

La frecuencia de alabe se calcula del siguiente modo:

$$f_B = n * N$$

f_B = frecuencia de alabe en hertzios

n = velocidad del ventilador, numero de revoluciones por segundo

N = numero de alabes de la hélice del rotor.

Los ventiladores axiales helicoidales se emplean por lo general en compartimentos aislados no conectados al sistema de conductos, son capaces de soportar grandes flujos de aire, Los ventiladores helicoidales se fabrican con una gran variedad de diseños y se emplean generalmente para evacuación de techos y torres de refrigeración. Los ruidos de un ventilador helicoidal son de bajas frecuencias y por tanto complicados de atenuar.

Silenciadores para ventiladores

Si se precisan niveles de potencia sonora mas bajos que los generados por ventiladores con un diseño adecuado es necesario añadir atenuación al sistema. Esto se puede conseguir gracias a silenciadores (llamados también atenuadores de sonido) instalados como unidades separadas del sistema o como parte integrante del ensamblaje de ventilación.

No existe ninguna regla preestablecida para seleccionar un silenciador, que debe ser elegido de acuerdo a criterios reales. A menudo este criterio especifica un nivel sonoro con ponderación A de terminado que no debe sobrepasar ni los limites del edificio ni los del edificio o residencia adyacente mas próximos.

La mayoría de los silenciadores para ventiladores son de tipo absorbente, ya que este modelo posee características de atenuación de banda ancha. Los silenciadores de tipo resonador se emplean algunas veces en instalaciones

especiales, pero menos habitualmente que los de tipo absorbente, ya que deben ser proyectados a medida y pueden precisar ajustes dependiendo de las condiciones de campo.

Los silenciadores y el ventilador se consideran una sola unidad, separada de los conductos de entrada y descarga por anillos flexibles, esto para evitar la transmisión de vibraciones a la estructura. ⁴

⁴ Cyril. M. Harris, Manual De medidas Acústicas y Control de Ruido Vol. II , 3 Edición, 1998. Capítulo 41. Ruido de Ventilación.

3. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación por tener aspectos como explicar y predecir fenómenos, basado en la experimentación y comprobación de teorías, se considera empírico-analítica.

3.2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se establece desde un tema central que es el Control de ruido y vibración, perteneciente a la línea de investigación de Acústica, del programa de Ingeniería de Sonido, de la Universidad de San Buenaventura.

3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la recolección de información, se diseñó una encuesta con el fin de obtener datos acerca de la percepción humana del ruido emitido por las UPS (Sistemas de alimentación continua) y detectar efectos secundarios a fin de dar consistencia al desarrollo del proyecto.

El modelo de la encuesta se muestra a continuación:

NOMBRE: _____
OCUPACIÓN/ CARGO: _____
EMPRESA: _____

1. EN SU LUGAR DE TRABAJO HAY EQUIPOS ELECTRÓNICOS O ELÉCTRICOS? SI___ NO___
2. ALGUNO DE ESTOS EQUIPOS ES UNA UPS? SI___ NO ___
3. CUANTAS HORAS PERMANECE CERCA DE ESTAS UPS? _____
4. EL RUIDO QUE EMITEN LAS UPS ES MOLESTO PARA USTED?
SI___ NO___
5. EN QUE GRADO DE MOLESTIA SE ENCONTRARÍA ESTE RUIDO?
A- POCO MOLESTO B- MOLESTO C- MUY MOLESTO
6. ESTA MOLESTIA, INTERRUMPE DE ALGUNA FORMA SU LABOR HABITUAL?. SI___ NO ___
7. AL FINAL DE LA JORDANA LABORAL, PRESENTA SÍNTOMAS COMO: DOLOR DE CABEZA, IRRITABILIDAD, CANSANCIO EN LOS OÍDOS, DEPRESIÓN? SI___ NO___
8. CUAL CREE USTED QUE ES LA CAUSA DE LOS SÍNTOMAS PRESENTADOS:
A- AMBIENTE LABORAL
B- PROBLEMAS DE SALUD
C- RUIDO
D- FACTORES ECONÓMICOS
E- PROBLEMAS FAMILIARES
9. PREFERIRÍA USTED, QUE ESTAS UPS TUVIERAN UN DISPOSITIVO QUE DISMINUYERA DICHO RUIDO? SI___ NO ___
10. CUAL OPCIÓN PREFERE USTED ACERCA DE LA UBICACIÓN DE ESTAS UPS?
A- FUERA DEL SITIO DE TRABAJO.
B- EN EL SITIO DE TRABAJO PERO AISLADAS.

Esta encuesta se aplicara a personas que trabajen en empresas que tengan de dentro de su equipamiento técnico al menos una UPS (Sistemas de alimentación continua).

Información Técnica

Para efectos de recolección de datos técnicos y reales, acerca del problema a tratar, se realizaron mediciones bajo los parámetros de la normativa que aplica para dicho estudio.

Mediciones Realizadas

Según la norma ICONTEC NTC 4650 Medición del Ruido Transmitido en el aire, emitido por computadores y equipo de oficina, en campo libre son los siguientes:

El equipo a medir debe ubicar sobre un plano reflejante y en campo libre.

Temperatura: entre 10°C – 30°C

Humedad relativa: entre 40% - 70%

Tensión (voltaje) y Frecuencia: +/- 5% de variación.

Nivel de ruido de fondo: de 6dB a 10dB menos que el SPL a medir por banda de octava dentro del rango de interés (ponderación A).

Equipo de Medición: Filtro de 1/3 de octava tipo 1 o 2 y micrófono Tipo 1.

Procedimiento para medir el ruido de fondo

- Ubicar el equipo a medir en un campo libre sobre el plano reflejante, en la posición normal de uso. (El equipo a medir debe estar apagado pero energizado).
- El equipo de medición debe estar a 1m de distancia de cualquier superficie reflejante o absorbente.
- El tiempo de medición debe ser entre 10 y 30 segundos.
- Usando un filtro de octava y con ponderación A.

Procedimiento para medir el ruido de la UPS (sistemas de alimentación continua).

- Se ubica la UPS sobre el plano reflejante cuya superficie S esta dada por la siguiente formula.

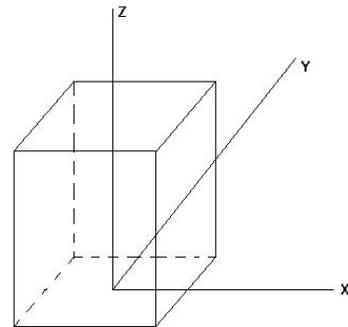
$$S = 4 (a*b + b*c + c*a)$$

Donde: $a = 0.5 * l_1 + d$ $b = 0.5 * l_2 + d$ $c = 0.5 * l_3 + d$

y, l_1, l_2, l_3 son los lados de la caja referencia de la UPS medir y $d = 1m$

- El micrófono del equipo de medición debe estar orientado hacia el centro geográfico de la UPS.
- Se debe medir con filtro de 1/3 de octava y ponderación A.
- La UPS debe estar encendida al menos 30 minutos antes de la medición a fin de estabilizar su operación.
- El tiempo de medición esta entre 10 y 30 segundos.
- Las posiciones de medición están dadas por las siguiente tabla de coordenadas:

POSICIÓN	EJE X	EJE Y	EJE Z
1	a	0	c/2
2	0	b	c/2
3	-a	0	c/2
4	0	-b	c/2
5	a	b	c
6	-a	b	c
7	-a	-b	c
8	a	-b	c
9	0	0	c



- El nivel total será el promedio de los niveles todas las posiciones.

La declaración de emisión de ruido según la norma ICONTEC 4660 Valores declarados de emisión de Ruidos de Computadores y Equipo de Oficina.

Se debe expresar el valor del nivel de ruido emitido medido en ponderación A, con el equipo en operación, y el valor medido con el equipo inactivo.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población en estudio consideró a todas las personas, que de algún modo tuvieron un prolongado tiempo de exposición a los niveles de ruido que emiten los equipos eléctricos en áreas laborales, clínicas y domesticas.

La muestra que se eligió fue de 30 personas, las cuales cumplen con las siguientes condiciones:

- No tener ningún tipo de daño auditivo de tipo hereditario o adquirido.
- Exposición constante a equipos eléctricos.
- Estabilidad laboral.

3.5. HIPÓTESIS

Se cree que el problema es generado por el sistema de ventilación que produce un ruido con una frecuencia de resonancia propia y se denomina ruido tonal,

El nivel de ruido es incrementado por la cubierta exterior de la UPS, que actúa como una caja de resonancia.

El ruido emitido por el bobinado de los transformadores con una frecuencia característica debido a la tensión o voltaje que circula por el circuito.

3.6. VARIABLES

3.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Ruido emitido por el sistema de refrigeración, ruido emitido por los transformadores y el ruido emitido por los interruptores.

3.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Materiales que conforman el atenuador de ruido.

Diseño y colocación del atenuador en la UPS.

Nivel de ruido emitido por la UPS con el atenuador instalado.

Disminución de la intensidad de la frecuencia de alabe.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para obtener un dato consistente del nivel de ruido emitido, se midieron 10 UPS (sistema de alimentación continua) de 3Kva.

Las siguientes graficas muestran el análisis frecuencial del ruido de fondo, las UPS en funcionamiento y la UPS en funcionamiento con su sistema de refrigeración apagado.

La Figura 1. muestra el nivel de ruido de fondo usando un filtro de 1/3 de octava, y en sombreado el nivel continuo equivalente con ponderación A (LeqA). Nótese que hay un componente de alta frecuencia en la banda de 20 Khz, para el estudio nos se tendrá en cuenta ya, que no esta dentro del rango de interés.

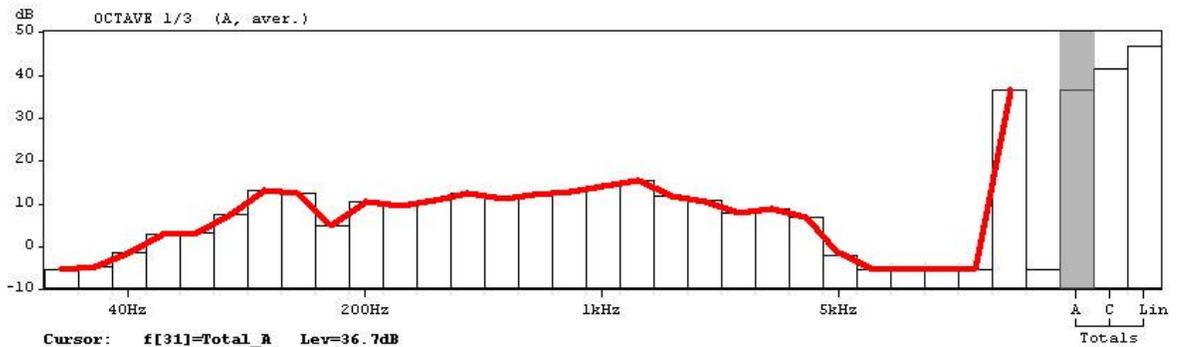


Figura 1. Ruido de fondo

La Figura 2. muestra el nivel de ruido emitido por la UPS (sistema de alimentación continua) con el sistema de refrigeración desactivado, esto para detectar otras fuentes de ruido, el nivel y el rango de frecuencias en el que este se encuentra. Así como el LeqA.

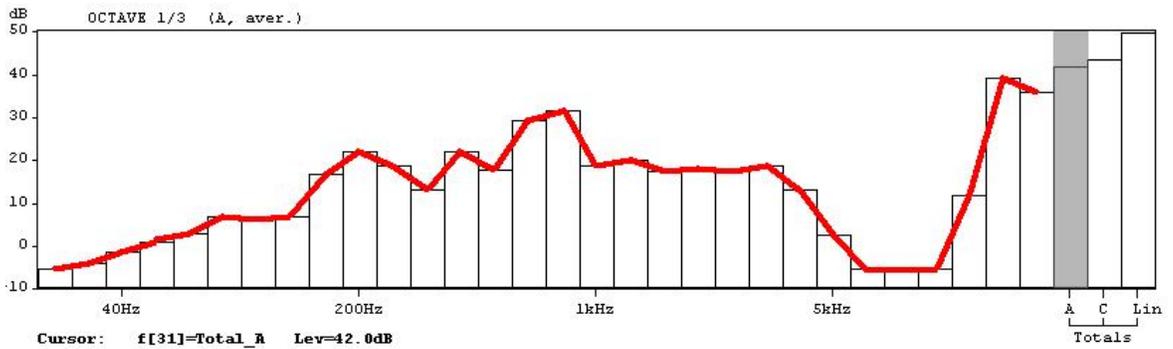


Figura 2. Nivel de ruido de la UPS con el sistema de refrigeración desactivado.

De la Figura 3 a la Figura 12, se muestra el análisis con filtro de 1/3 de octava, con intervalos de medición de 20 segundos para cada UPS. En todas las graficas la barra sombreada muestra el nivel continuo equivalente LeqA.

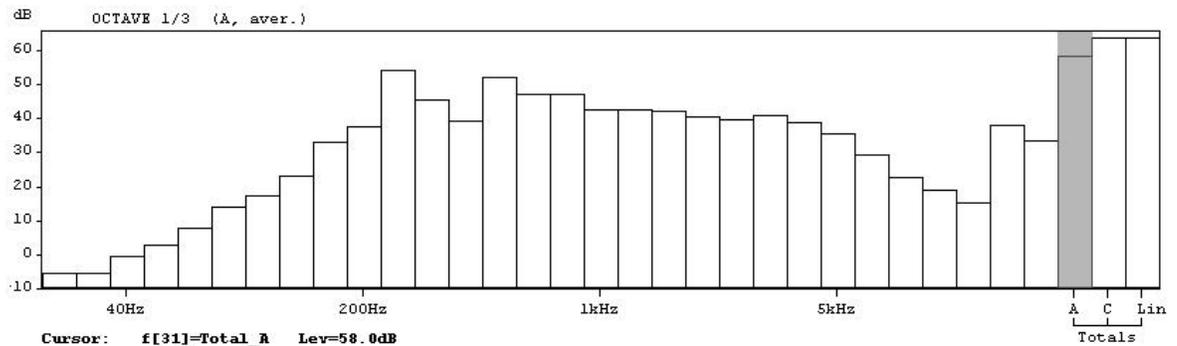


Figura 3. UPS #1.

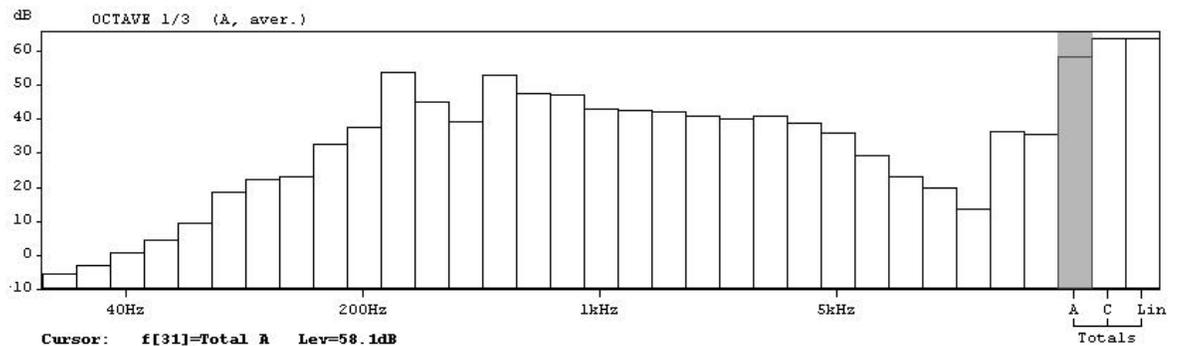


Figura 4. UPS #2.

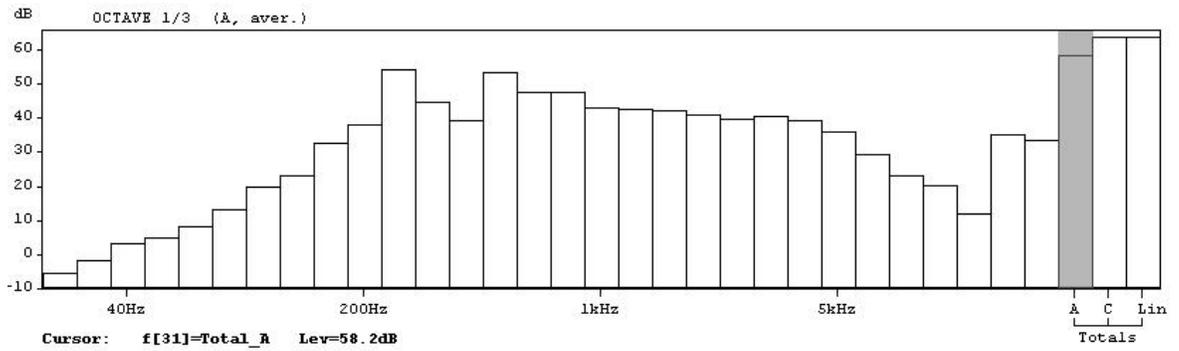


Figura 5. UPS #3.

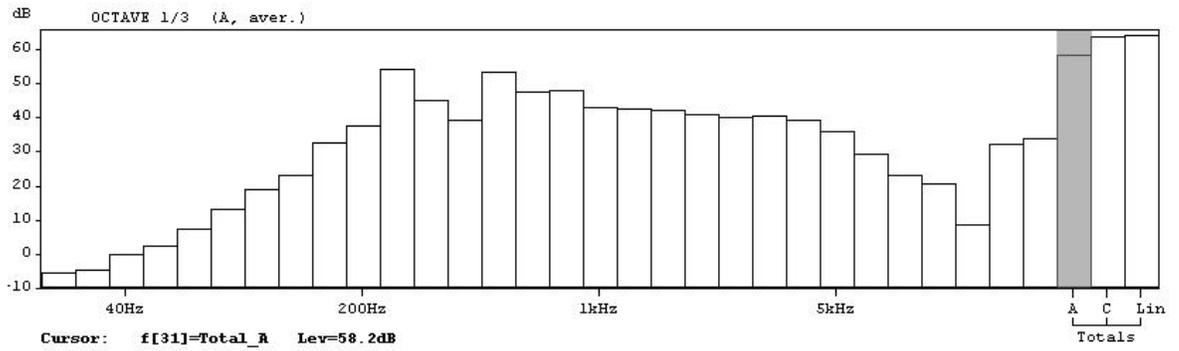


Figura 6. UPS #4.

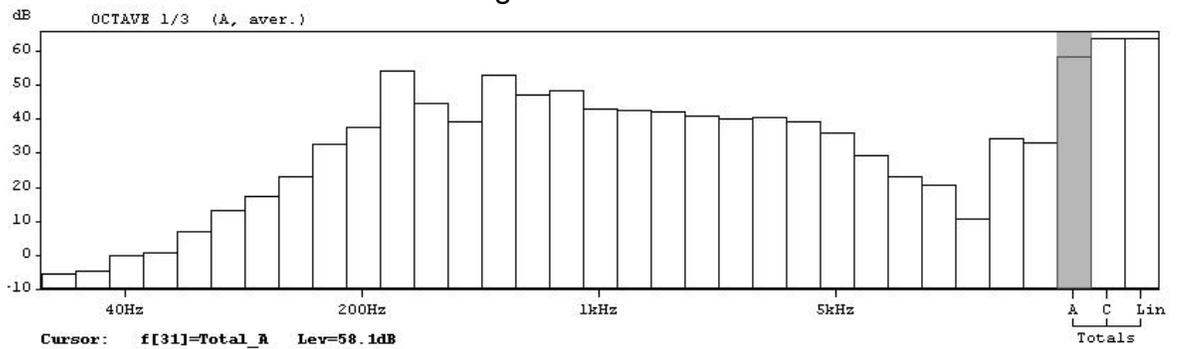


Figura 7. UPS #5.

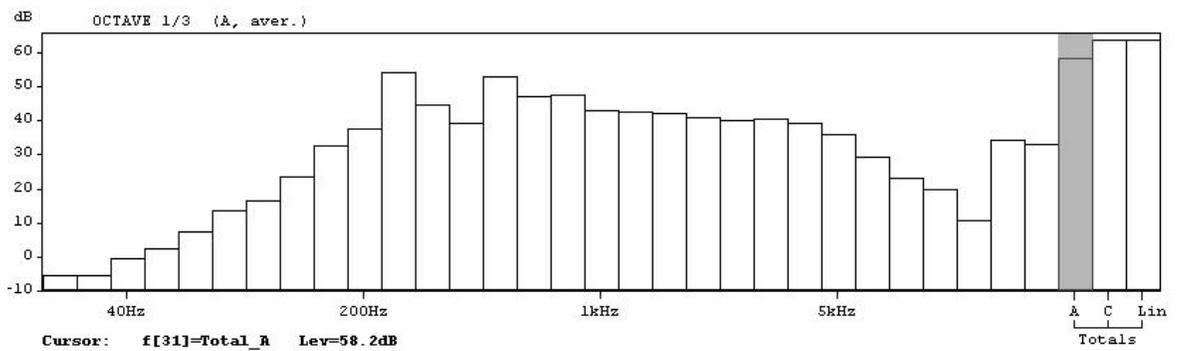


Figura 8. UPS #6.

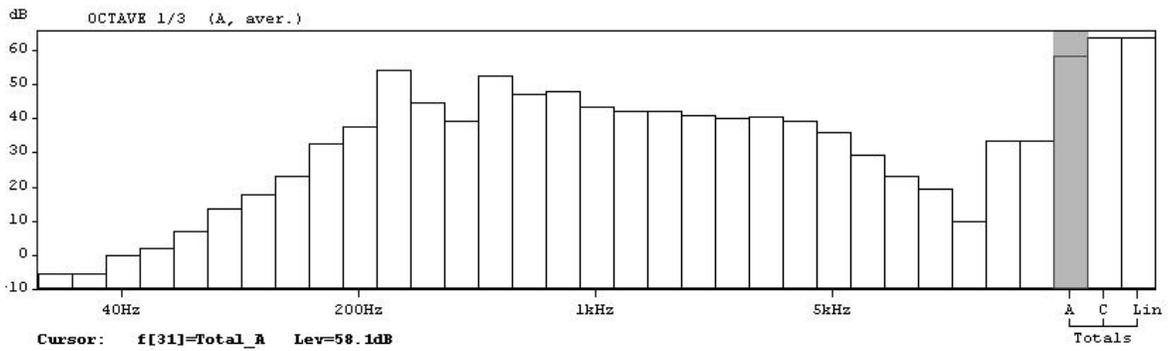


Figura 9. UPS #7.

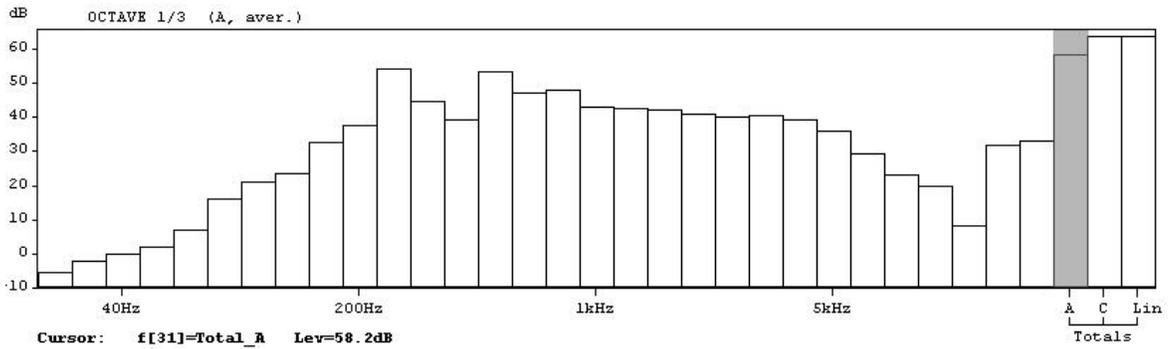


Figura 10. UPS #8.

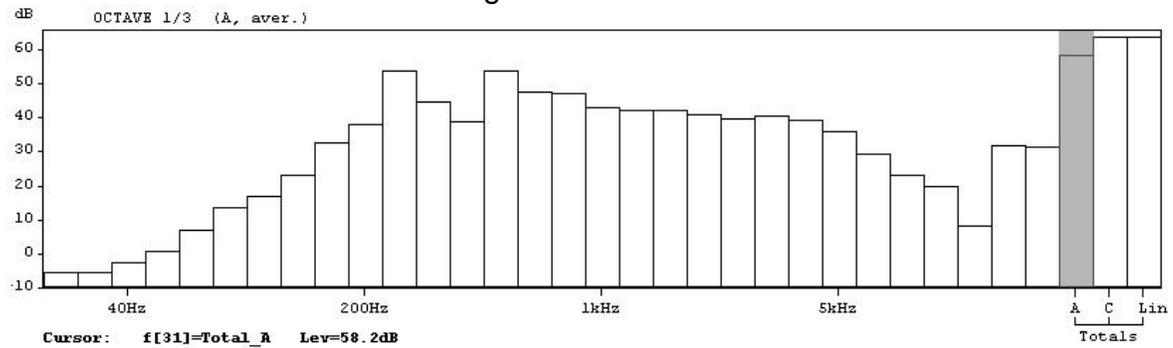


Figura 11. UPS #9.

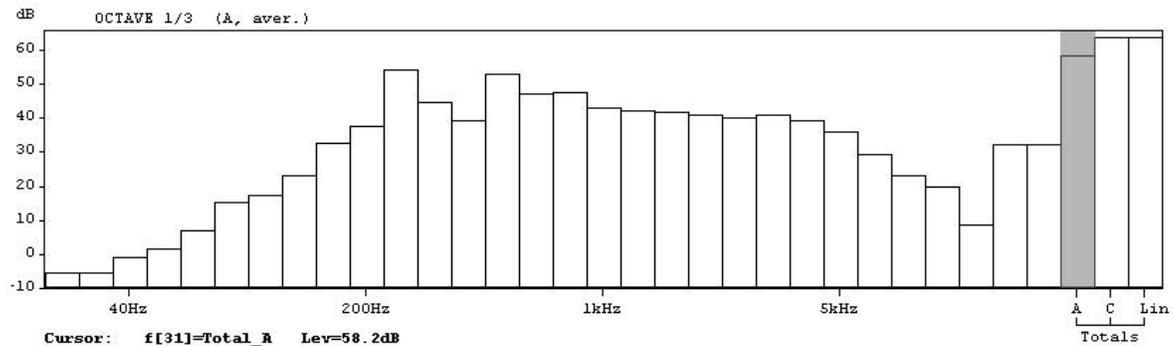


Figura 12. UPS #10.

Esto arrojó un valor promedio en el nivel continuo equivalente de 58.15 dBA de ruido emitido por la UPS en completa operación.

El ancho de banda de interés se tomó desde la banda de frecuencia mas baja que supere el ruido de fondo es decir 36.7 dBA. Hasta la banda de frecuencia alta bajo la misma condición. No se tuvieron en cuenta las bandas de frecuencia alta superior a 5 KHz. ya que el ruido característico de ventilación axial es de rango medio.

El ancho de banda se delimitó para este estudio en particular así: 200 Hz – 5 KHz.

La frecuencia de alabe para este sistema de ventilación axial, dada por:

$$fB = n * N$$

n = numero de revoluciones por segundo

N = numero de alabes del ventilador

fB = Expresada en Hertzios

Es la siguiente: **fB = 48 rev/seg * 5 alabes = 241.6 Hz**

En las graficas se nota como la frecuencia de alabe se presenta incrementando la intensidad en la banda de 250 Hz en el Filtro de 1/3 de octava.

En la siguiente tabla se muestran los valores promedio de los niveles de ruido emitidos por las UPS en funcionamiento, evaluadas en el ancho de banda de interés.

200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1 KHz	1.25 KHz	1.6 KHz	2 KHz	2.5 KHz	3.1 KHz	4 KHz	5 KHz
37,7 dBA	54 dBA	44,8 dBA	39,2 dBA	52,9 dBA	47,2 dBA	47,5 dBA	42,9 dBA	42,3 dBA	42,0 dBA	40,7 dBA	39,9 dBA	40,6 dBA	39,2 dBA	35,8 dBA

Tabla 1. Valores promedio de los niveles de ruido emitidos por la UPS.

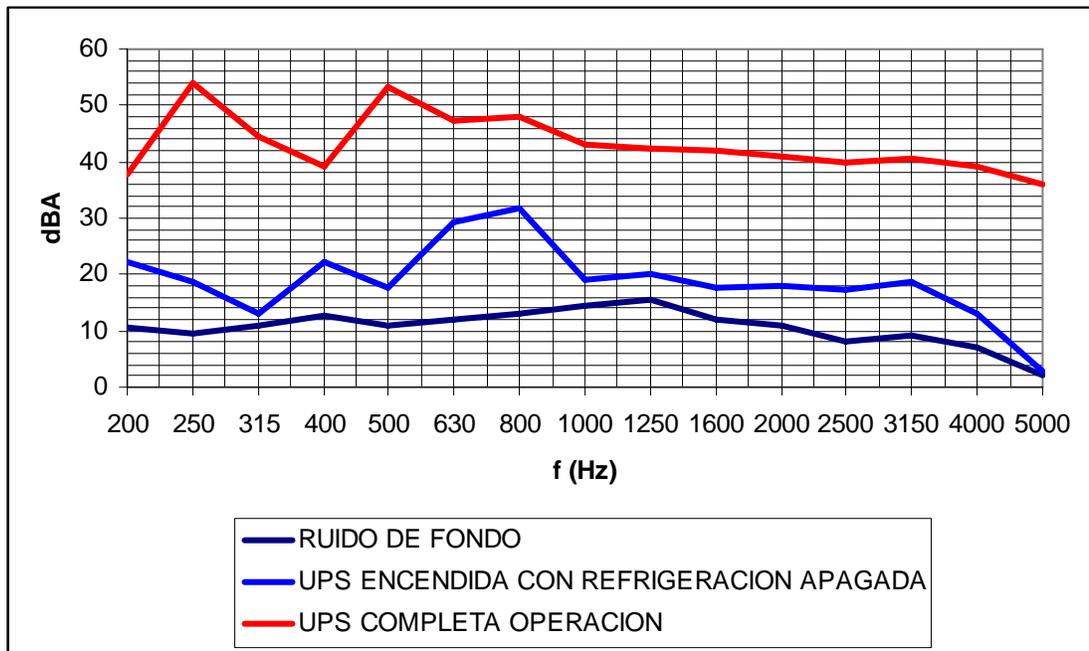


Figura 13. Comparación de niveles de ruido emitido por las UPS con el ruido de fondo.

Esta comparación establece como la fuente principal de ruido emitido por las UPS (sistemas de alimentación continua) el sistema de refrigeración que es conformado por un ventilador axial ubicado en la parte posterior de la UPS (ver Anexo 1), el trabajo de atenuación de ruido se concentró en esta parte específica.

Resultados de la encuesta

Las graficas de los resultados de la encuesta se muestran en el Anexo 4, estos resultados otorgaron consistencia y apoyo al desarrollo del proyecto.

5. DESARROLLO INGENIERIL

Diseño del Atenuador

Para comenzar a estructurar la forma del atenuador, se contaba con ciertas restricciones por parte de P.E.I. Ltda. fabricante de las UPS, como no alterar la forma exterior, así como no ocultar o cubrir la caja externa de la misma, así como la normativa internacional no permite el uso de materiales comburentes al interior de dispositivos de almacenamiento y control de energía.

Otro factor de diseño y construcción es el costo de los materiales puesto que el proyecto ofrece una solución eficiente a bajo costo.

Dado que el flujo de aire del sistema de refrigeración se hace de afuera hacia adentro, el atenuador no debe ser de tipo restrictivo puesto que esto afecta inmediatamente la temperatura interna.

Se eligió ubicar un silenciador de entrada ubicado en el exterior de la UPS en la entrada de aire del ventilador y otro silenciador de descarga ubicado interior de la UPS, ver Figura 14. La unión de los dos silenciadores con el ventilador conformara el dispositivo atenuador.

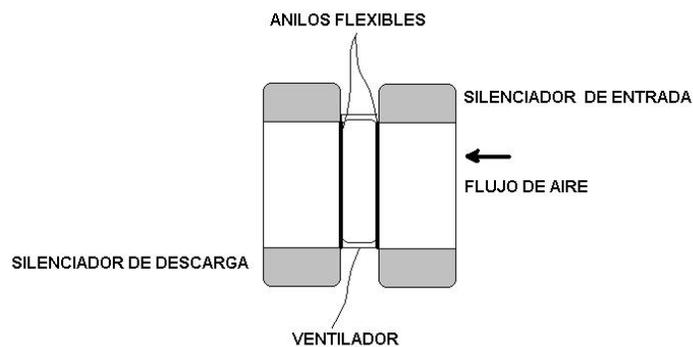


Figura 14. Silenciadores para ventiladores axiales.

Estos silenciadores son unos contenedores de material absorbente con un conducto central por el cual pasa el aire hacia el ventilador, en el caso del silenciador de entrada y para el de salida por donde el aire fluye hacia el dispositivo a refrigerar, debido a que se quería evitar la menor restricción de aire, se diseñaron los conductos internos de los silenciadores de forma cilíndrica y sin núcleo. Ver Figura 15.

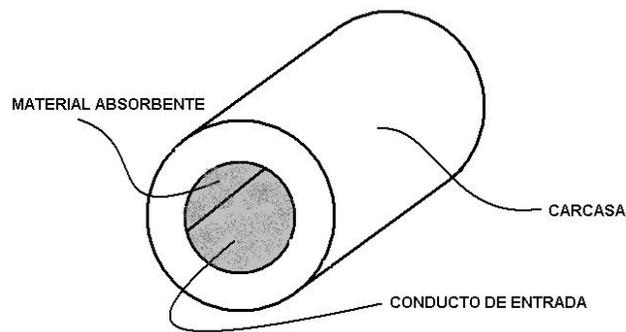


Figura 15. Diagrama parcial del silenciador.

El diámetro exterior estaba dado por las dimensiones de la caja del a UPS, para que la propuesta concordara estéticamente, el diámetro interior es el mismo que el de la boca del ventilador, así como la longitud el silenciador de entrada y la longitud del silenciador de descarga estaban restringidas por los componentes internos de la UPS y la estética respectivamente.

Los materiales con los que se construirán los prototipos de los contenedores son poliestireno de calibre 22 (1 milímetro de espesor) soldado con cloruro de metilo.

Se utilizaron tres tipos de materiales comunes con propiedades absorbentes: espuma de poliuretano, cartón corrugado, tela de algodón. Estos materiales están dentro de las carcasas de los silenciadores, relleno el espacio hasta el conducto de entrada, respetando el diámetro interno.

Las uniones de montaje entre los silenciadores y el ventilador se hicieron con caucho de 5 milímetros de espesor a fin de reducir la transmisión de vibración del ventilador a la estructura de la UPS.

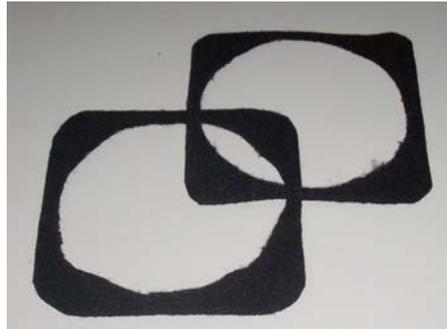


Imagen 1. Anillos Flexibles

Finalmente se construyeron tres prototipos usando para cada prototipo un material absorbente diferente. Las dimensiones y forma definitivas del prototipo se encuentran en el Anexo 2.



Imagen 2. Prototipos de Tela de algodón, Cartón corrugado, Espuma de Poliuretano. (de izquierda a derecha).

Una vez construidos los prototipos se procedió a instalarlos en la UPS, y realizar las mediciones correspondientes para determinar la reducción del ruido emitido por el sistema de refrigeración, y así determinar cual era el material adecuado para el atenuador.

Las mediciones se realizaron utilizando los mismos parámetros, que se usaron para evaluar el ruido emitido por las UPS en campo libre según la normativa NTC 4650.

Los resultados de las mediciones obtenidas con los tres tipos de material absorbente en el atenuador, y la comparación con los niveles de ruido emitido por la UPS en funcionamiento sin atenuador, se muestran en la Figura 16.

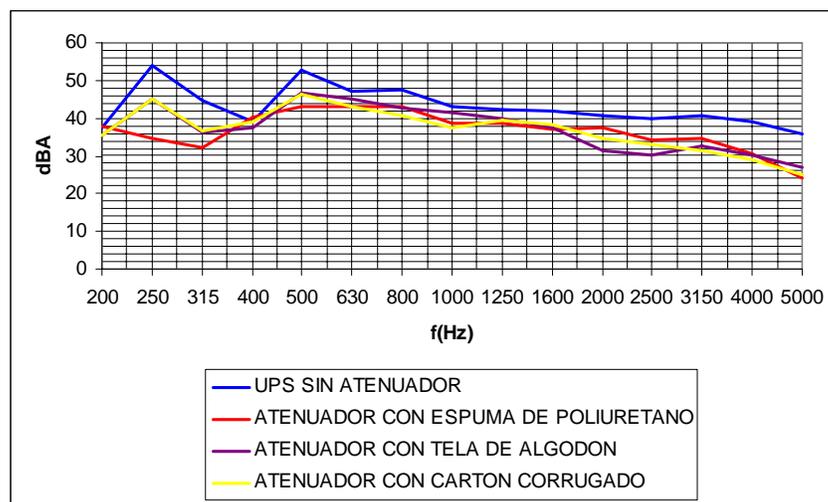


Figura 16. Niveles de atenuación medidos con los tres materiales absorbentes.

Los niveles de reducción del ruido emitido por la UPS, que se obtuvieron en las tres pruebas se consignan en la Tabla 2.

MATERIAL	LeqA
ESPUMA DE POLIURETANO	50.6 dBA
TELA DE ALGODÓN	52.0 dBA
CARTÓN CORRUGADO	52.6 dBA

Tabla 2. Niveles de reducción de ruido emitido LeqA.

Implementación

El atenuador de ruido para UPS (sistemas de alimentación continua) de 3Kva esta conformado por dos silenciadores, uno de entrada y otro de descarga, los cuales tienen en su interior espuma de poliuretano, ubicados sobre el ventilador en la parte interna de la UPS y en el exterior sobre la toma de aire del ventilador, se parados por anillos flexibles de caucho de 5 mm de espesor. Ver Anexo 3.



Imagen 3. Silenciador de entrada con espuma de poliuretano.



Imagen 4. Silenciador de descarga con espuma de poliuretano.

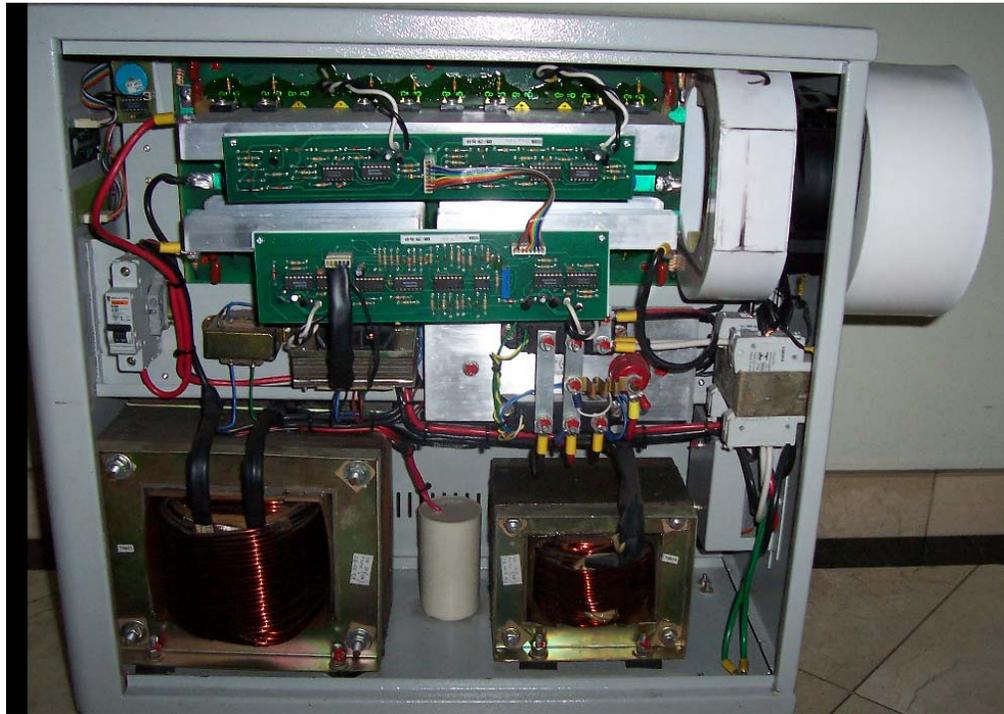


Imagen 5. Atenuador con espuma de poliuretano montado en la UPS.

Se eligió la espuma de poliuretano, porque además de sus propiedades absorbentes, es un material auto extingible y la relación costo benéfico es la mejor de los tres materiales propuestos.

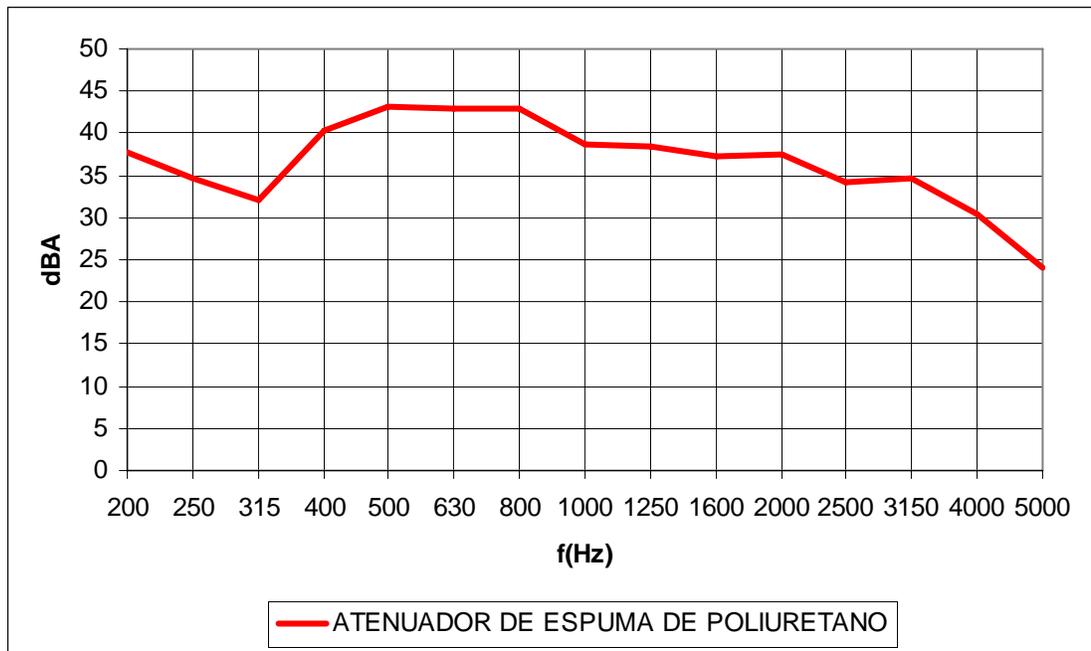


Figura 17. Resultados del atenuador de ruido con espuma de poliuretano.

Se logró una reducción en el nivel continuo equivalente LeqA de 7.55 dBA. Así como una reducción de nivel de la frecuencia de alabe ubicada sobre la banda de 250Hz de 19.3 dBA. Figuras 17 y 18.

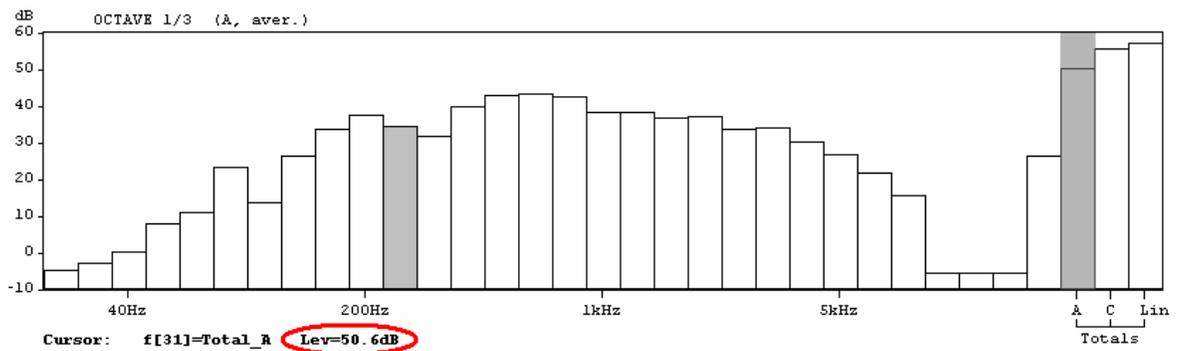


Figura 18. Análisis espectral del ruido emitido por la UPS usando el atenuador con espuma de poliuretano.

6. CONCLUSIONES

Las emisiones de ruido de las UPS (Sistema de alimentación continua), se redujeron mediante procedimientos como la identificación de las diferentes fuentes de ruido y evaluación de sus características para así otorgarle la prioridad y concentrar la atención del proyecto.

Se determinaron dos fuentes importantes de ruido, una el sistema de transformadores y la etapa de potencia de la UPS y la otra fuente es el sistema de refrigeración conformado por un ventilador de tipo axial, las cuales se midieron y analizaron, utilizando métodos y normativas vigentes. Encontrando que el sistema de refrigeración aporta la mayor parte del ruido emitido por la UPS (Sistema de alimentación continua), así se estableció reducir dichas emisiones como la máxima prioridad del proyecto.

Para esto diseñó mediante herramientas de tipo CAD y se construyó un dispositivo mediante el uso de materiales comunes, específicamente la espuma de poliuretano, el poliestireno y el caucho, el cual se denominó Atenuador de ruido para sistemas de refrigeración en UPS (Sistema de alimentación continua).

A pesar de las restricciones estéticas y de espacio, se consiguió una importante reducción del nivel continuo equivalente en dichas emisiones, esto ofrece una solución eficiente a bajo costo para el problema planteado, si se compara con soluciones mas fáciles pero mas costosas como es la reubicación de las UPS (Sistema de alimentación continua) en locales que ya se han construido y adecuado para tal fin.

7. RECOMENDACIONES

Se sugiere la construcción del atenuador usando materiales porosos reactivos cuyas propiedades acústicas ya se han estudiado y cuyos coeficientes de absorción sea proporcionados por el fabricante, para confrontar los resultados con los conseguidos en este proyecto.

La construcción de un laboratorio que esté constituido por una cámara reverberante y una cámara anecoica, las cuales son indispensables y constituyen un importante banco de pruebas para realizar mediciones bajo la normativa nacional e internacional, tanto de materiales de fabricación local cuyas propiedades acústicas no han sido analizadas y no se encuentran tablas de sus coeficientes, como de dispositivos emisores de ruido y en general cualquier proyecto de acústica, ya que si bien algunas mediciones del presente proyecto se permiten en campo libre, la normativa correspondiente otorga mas confiabilidad en las mediciones bajo ambientes anecoicos, y para otros tipos de mediciones únicamente se permiten en cámara anecoica.

BIBLIOGRAFÍA

Cyril. M. Harris, Manual De medidas Acústicas y Control de Ruido vol II, 3 Edición, 1998.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN, IRAM 4081, “Filtro de Bandas de Octava, de Media Octava y de Tercio de Octava Destinados al Análisis de Sonidos y Vibraciones”.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, NTC 4650 Acústica. Medición del ruido transmitido en el aire, emitido por computadores y equipo de oficina..

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, NTC 4660 Acústica. Valores Declarados De Emisión De Ruidos De Computadores Y Equipo De Oficina.

L.L. Beranek, Acústica, Editorial Hispano Americana S.A., Buenos Aires, 1969.

Norma básica de la edificación NBE-CA-88, sobre condiciones acústicas en los edificios., pagina Web, <http://www.isover.net/asesoria/manuales/nbeca88.htm>

NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas., Ana Hernández Calleja pagina Web., http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_503.htm

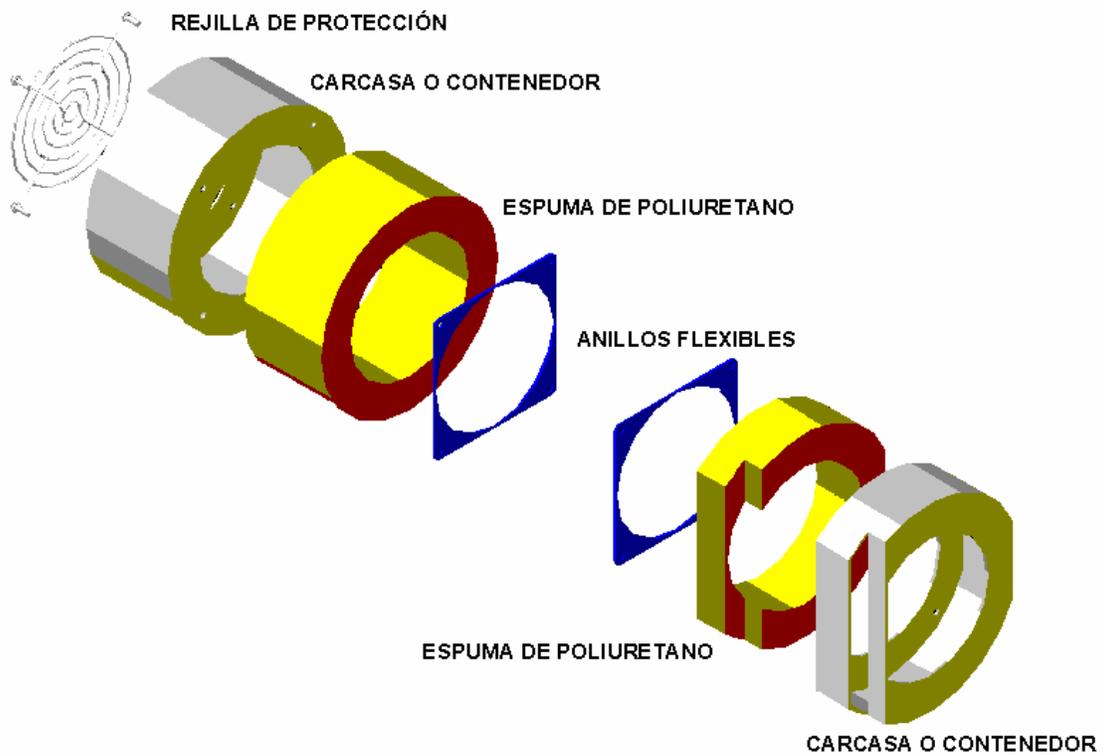
“UPS Technology and Standard”,. Beaudet J, Fiorina J, Pinon O, Pagina web de MGE UPS Systems. www.mgeups.com.

ANEXO 1. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN LA UPS (SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CONTINUA) DE 3 KVA.

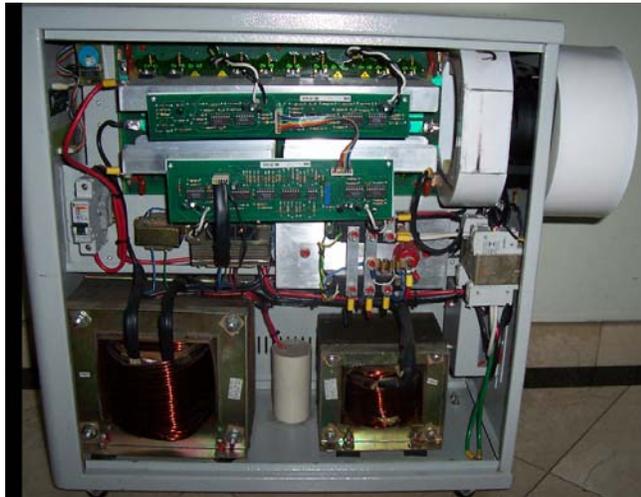


Sistema de refrigeración conformado por un ventilador de tipo axial ubicado en la parte posterior de la UPS (sistema de alimentaron continua).

ANEXO 2. DESPIECE GENERAL Y DIMENSIONES DEL ATENUADOR



ANEXO 3. UBICACIÓN DEL ATENUADOR SOBRE EL SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE LA UPS (SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CONTINUA) DE 3 KVA.



El atenuador debe ir instalado sobre los sistemas de anclaje del ventilador usando los anillos flexibles a modo de separador, tanto en la parte de entrada como en la parte de descarga.

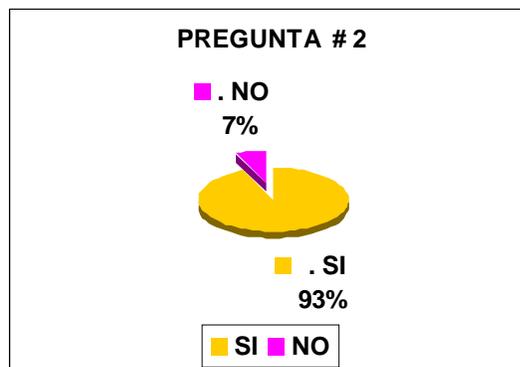


ANEXO 4. RESULTADOS GRÁFICOS DE LA ENCUESTA

1. EN SU LUGAR DE TRABAJO HAY EQUIPOS ELECTRÓNICOS O ELÉCTRICOS?



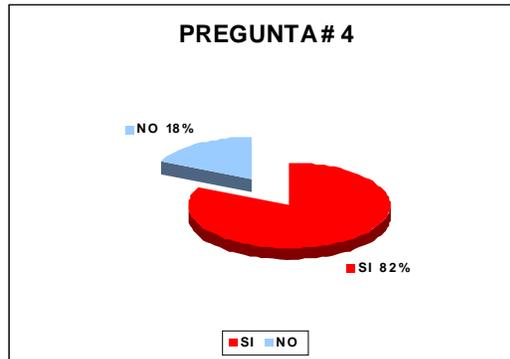
2. ALGUNO DE ESTOS EQUIPOS ES UNA UPS?



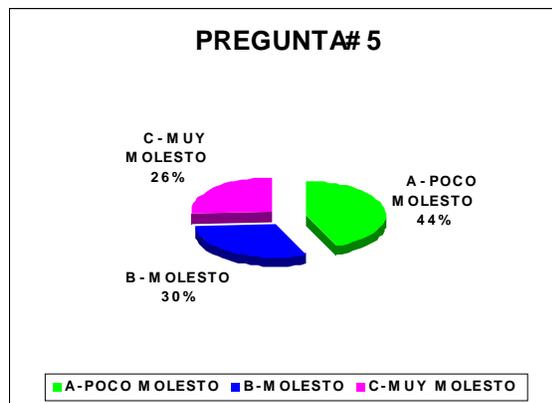
3. CUANTAS HORAS PERMANECE CERCA DE ESTAS UPS?



4. EL RUIDO QUE EMITEN LAS UPS ES MOLESTO PARA USTED?



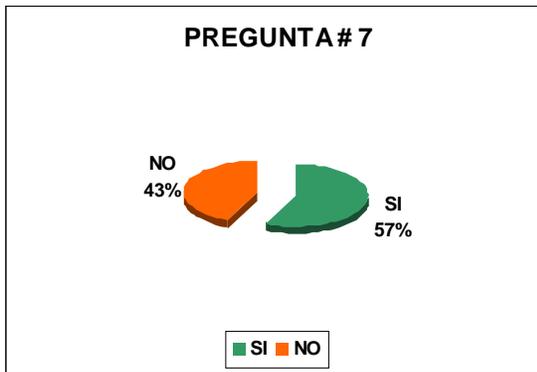
5. EN QUE GRADO DE MOLESTIA SE ENCONTRARÍA ESTE RUIDO?



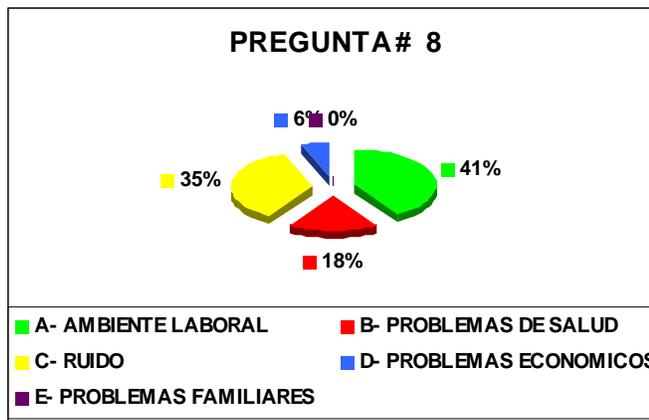
6. ESTA MOLESTIA, INTERRUPE DE ALGUNA FORMA SU LABOR HABITUAL?.



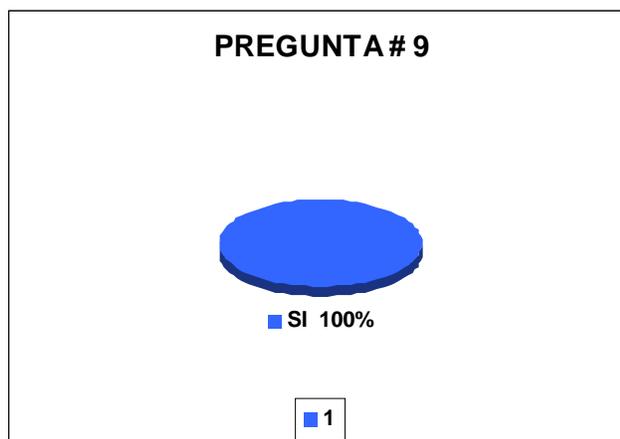
7. AL FINAL DE LA JORNADA LABORAL, PRESENTA SÍNTOMAS COMO: DOLOR DE CABEZA, IRRITABILIDAD, CANSANCIO EN LOS OÍDOS, DEPRESIÓN?



8. CUAL CREE USTED QUE ES LA CAUSA DE LOS SÍNTOMAS PRESENTADOS?



9. PREFERIRÍA USTED, QUE ESTAS UPS TUVIERAN UN DISPOSITIVO QUE DISMINUYERA DICHO RUIDO?



10. CUAL OPCIÓN PREFIERE USTED ACERCA DE LA UBICACIÓN DE ESTAS UPS?



Estos resultados solo pretenden dar consistencia al proyecto pero, no definen parámetros de diseño ni elección de materiales.