

**DETERMINACION DE EMISIONES SONORAS DE ELECTROBOMBAS EN UN
CONJUNTO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTA DC.**

IVAN ALEXANDER CORTES RICO MD.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-QUÍMICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2.009

**DETERMINACION DE EMISIONES SONORAS DE ELECTROBOMBAS EN UN
CONJUNTO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTA DC.**

IVAN ALEXANDER CORTES RICO MD

**Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director
JOSE CAMILO CORTES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-QUÍMICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCRAMANGA
2.009**

Ni la Universidad Industrial de Santander, ni los jurados se hacen responsables de los conceptos expuestos en el presente documento.

A Stella quien con su apoyo incondicional permitió dar vida a este proyecto y a su amor que nos lleva a seguir adelante.

Iván

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

A SIGMA QHSE, ahora MINTAKA LTDA. al brindar todas las herramientas tecnológicas, equipos y recurso humano para el desarrollo del presente estudio.

A la administración del conjunto residencial y residentes por su comprensión a las incomodidades que pudo generar las mediciones.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION.....	19
1. OBJETIVOS.....	22
1.1 OBJETIVO GENERAL.	22
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	22
2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL MONITOREO.....	23
2.1 Metodología de MEDICIÓN.....	23
2.2 DATOS METEOROLÓGICOS DURANTE MONITOREO.	24
2.2.1 Velocidad del Viento.....	24
2.2.2 Temperatura.....	25
2.2.3 Humedad Relativa.....	25
2.2.4 Precipitación.....	25
2.3 Rangos de incertidumbre del sonómetro por variables climáticas.....	26
3. EMISIÓN DE RUIDO	27
3.1 GENERALIDADES.....	27
3.1.1 Efectos del ruido sobre la salud.....	27
3.1.2 Ruido.....	29
3.1.3 Ruido Ambiental.....	29
3.1.4 Sonido.....	29
3.2 PROPÓSITO DE LA MEDICIÓN.....	30
3.3 NORMATIVIDAD APLICABLE.	30
3.4 TIPO DE INSTRUMENTACIÓN UTILIZADO.	33
3.4.1 Descripción de los equipos.....	33
3.5 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS.	34
3.6 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE RUIDO.	35
3.6.1 Descripción de los Intervalos de tiempos de medición.....	36
3.6.2 Variables medidas.....	36
3.6.3 Cálculo de ruido residual.....	36
3.6.4 Corrección de los niveles de ruido.....	37
3.6.5 Calculo de emisión o aporte de ruido.....	37

3.7	LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO	38
3.8	Resultados DE LOS PUNTOS DE MONITOREO torre 1	39
3.8.1	Reporte del sonómetro (punto 1).....	40
3.8.2	Corrección de niveles de ruido (punto 1).....	41
3.8.3	Emisión de ruido (punto 1).....	42
3.8.4	Variabilidad en la fuente (punto 1).....	42
3.8.5	Aporte de ruido (punto 1).....	43
3.8.6	Conclusión cuarto de bombas Torre 1 (punto 1).	44
3.8.7	Reporte del sonómetro (punto 2).....	46
3.8.8	Corrección de niveles de ruido (punto 2).....	47
3.8.9	Emisión de ruido (punto 2).....	48
3.8.10	Variabilidad en la fuente (punto 2).....	48
3.8.11	Aporte de ruido (punto 2).....	49
3.8.12	Conclusión afuera del cuarto de bombas Torre 1 (punto 2).	50
3.8.13	Reporte del sonómetro (punto 3).....	52
3.8.14	Corrección de niveles de ruido (punto 3).....	53
3.8.15	Emisión de ruido (punto 3).	54
3.8.16	Variabilidad en la fuente (punto 3).....	55
3.8.17	Aporte de ruido (punto 3).....	55
3.8.18	Conclusión ruido en el apartamento 202 (punto 3).....	57
3.8.19	Reporte del sonómetro (punto 4).....	58
3.8.20	Corrección de niveles de ruido (punto 4).....	59
3.8.21	Emisión de ruido (punto 4).	60
3.8.22	Variabilidad en la fuente (punto 4).....	61
3.8.23	Aporte de ruido (punto 4).....	62
3.8.24	Conclusión ruido en el apartamento 301 (punto 4).....	63
3.9	Resultados DE LOS PUNTOS DE MONITOREO torre 3	64
3.9.1	Reporte del sonómetro (punto 5).....	64
3.9.2	Corrección de niveles de ruido (punto 5).....	66
3.9.3	Emisión de ruido (punto 5).....	67
3.9.4	Variabilidad en la fuente (punto 5).....	67

3.9.5 Aporte de ruido (punto 5).....	68
3.9.6 Conclusión cuarto de bombas Torre 3 (punto 5).	69
3.9.7 Reporte del sonómetro (punto 6).....	70
3.9.8 Corrección de niveles de ruido (punto 6).....	72
3.9.9 Emisión de ruido (punto 6).....	73
3.9.10 Variabilidad en la fuente (punto 6).....	74
3.9.11 Aporte de ruido (punto 6).....	75
3.9.12 Conclusión afuera del cuarto de bombas Torre 1 (punto 6).	75
3.9.13 Reporte del sonómetro (punto 7).....	77
3.9.14 Corrección de niveles de ruido (punto 7).....	79
3.9.15 Emisión de ruido (punto 7).	80
3.9.16 Variabilidad en la fuente (punto 7).....	80
3.9.17 Aporte de ruido (punto 7).....	81
3.9.18 Conclusión ruido en el apartamento 102 (punto 7).....	82
3.9.19 Reporte del sonómetro (punto 8).....	84
3.9.20 Corrección de niveles de ruido (punto 8).....	86
3.9.21 Emisión de ruido (punto 8).	87
3.9.22 Variabilidad en la fuente (punto 8).....	87
3.9.23 Aporte de ruido (punto 8).....	88
3.9.24 Conclusión ruido en el apartamento 204 (punto 8).....	89
3.10 RESULTADOS NUMÉRICOS Y COMPARACIÓN CON LA NORMATIVIDAD	
AMBIENTAL VIGENTE.....	90
3.10.1 Emisión de ruido torre 1.	90
3.10.2 Emisión de ruido torre 3.	92
3.11 CONCLUSIONES generales PARTE RUIDO.....	93
3.12 RECOMENDACIONES.....	95
4. GLOSARIO DE TÉRMINOS.	15
4.1 TÉRMINOS USADOS EN RUIDO.	15
4.2 ABREVIATURAS USADAS EN RUIDO.....	17
5. BIBLIOGRAFIA.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Pág

TABLA 1.	RANGOS DE DETECCIÓN MEDICIONES CLIMÁTICAS.....	23
TABLA 2.	DATOS METEOROLÓGICOS DIURNOS “IN-SITU”	24
TABLA 3.	RANGOS DE INCERTIDUMBRE POR VARIACIONES CLIMÁTICAS.....	26
TABLA 4.	VALORES LÍMITE RECOMENDADOS.	28
TABLA 5.	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO, EXPRESADOS EN DECIBELES DB(A).....	30
TABLA 6.	RESULTADOS DE LAS CALIBRACIONES DIARIAS DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE NIVELES DE RUIDO.	34
TABLA 7.	PUNTOS DE MONITOREO DE RUIDO.	38
TABLA 8.	CORRECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO PUNTO 1.....	41
TABLA 9.	CORRECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO PUNTO 2.....	47
TABLA 10.	CORRECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO PUNTO 3.....	54
TABLA 11.	CORRECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO PUNTO 4.....	60
TABLA 12.	CORRECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO PUNTO 5.....	66
TABLA 13.	CORRECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO PUNTO 6.....	73
TABLA 14.	CORRECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO PUNTO 7.....	79
TABLA 15.	CORRECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO PUNTO 8.....	86
TABLA 16.	NIVELES DE SONIDO CONTINUO EQUIVALENTE DB (A) PERIODO DIURNO.....	90
TABLA 17.	NIVELES DE SONIDO CONTINUO EQUIVALENTE DB (A) PERIODO DIURNO.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
FIGURA 1. VARIACIONES DE T Y HR DURANTE EL MONITOREO.....	25
FIGURA 2. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 1.....	40
FIGURA 3. RUIDO RESIDUAL PUNTO 1.....	40
FIGURA 4. APORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 1	44
FIGURA 5. APORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 1.....	44
FIGURA 6. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 2.....	46
FIGURA 7. RUIDO RESIDUAL PUNTO 2.....	46
FIGURA 8. APORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 2	50
FIGURA 9. APORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 2.....	50
FIGURA 10. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 3.....	53
FIGURA 11. RUIDO RESIDUAL PUNTO 3.....	53
FIGURA 12. APORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 3	56
FIGURA 13. APORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 3.....	56
FIGURA 14. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 4.....	59
FIGURA 15. RUIDO RESIDUAL PUNTO 4.....	59
FIGURA 16. APORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 4	62
FIGURA 17. APORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 4.....	62
FIGURA 18. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 5.....	65
FIGURA 19. RUIDO RESIDUAL PUNTO 5.....	65
FIGURA 20. APORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 5	68
FIGURA 21. APORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 5.....	68
FIGURA 22. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 6.....	71
FIGURA 23. RUIDO RESIDUAL PUNTO 6.....	71
FIGURA 24. APORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 6	75
FIGURA 25. APORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 6.....	75
FIGURA 26. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 7.....	78
FIGURA 27. RUIDO RESIDUAL PUNTO 7.....	78
FIGURA 28. APORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 7	82

FIGURA 29. APORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 7	82
FIGURA 30. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 8.....	85
FIGURA 31. RUIDO RESIDUAL PUNTO 8.....	85
FIGURA 32. APORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 8	89
FIGURA 33. APORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 8.....	89
FIGURA 34. COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO TORRE 1	91
FIGURA 35. COMPARATIVO DE LOS NIVELES de emisión de ruido torre 3.....	92
FIGURA 36. CONDICIÓN ACTUAL.....	96
FIGURA 37. CONDICIÓN SUGERIDA	96
FIGURA 38. ESPUMAS UTILIZADAS COMO AISLANTE DE RUIDO	97

TITULO: DETERMINACION DE EMISIONES SONORAS DE ELECTROBOMBAS EN UN CONJUNTO RESIDENCIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTA DC.*

Autor: CORTES RICO, Iván Alexander**

Palabras Claves: Emisiones sonoras en fuentes fijas, electrobombas, edificios multifamiliares, control en vibración y ruido.

La legislación ambiental colombiana sobre los niveles permisibles para emisiones de ruido y niveles máximos de ruido en zonas residenciales ha seguido la tendencia de la normatividad internacional que busca proteger de los efectos indeseables del ruido en el cuerpo humano y permitir horas de descanso de calidad.

Las quejas sobre los niveles molestos de ruido presentadas por habitantes en grandes ciudades no es infrecuente y pueden llegar a instancias judiciales para proteger su derecho a un medio ambiente saludable. Las áreas residenciales tienen niveles ambientales máximos de ruido conservadores que son medidos en el exterior de las fachadas pero en ocasiones los diferentes equipos de soporte de servicios como generadores y electrobombas se encuentran dentro de edificaciones donde su construcción no tuvo en cuenta las emisiones sonoras producidas por estos ni su control.

La percepción personal de las características del ruido no permite asegurar se estén cumpliendo las regulaciones sobre emisiones, es importante realizar mediciones antes de recibir la administración las áreas comunes a satisfacción de parte de la constructora y evitar posteriores inconformidades de los residentes y/o costear adecuaciones locativas.

El siguiente monografía muestra un trabajo de campo bajo la aplicación de la normatividad vigente para un caso de contaminación acústica en edificios mediante el análisis de ruido de electrobombas localizados en los primeros pisos de un conjunto residencial, en la ciudad de Bogotá, con el fin de tener elementos decisorios frente al posible impacto que las emisiones sonoras generan a la comunidad.

Este proyecto realizo las mediciones pertinentes a fin de caracterizar las emisiones de electrobombas en un conjunto residencial y así dar orientación a las medidas de control necesarias en el caso que los niveles superen la normatividad vigente.

* Determinación de emisiones sonoras de electrobombas en un conjunto residencial en la ciudad de Bogotá D.C.

** Facultad Físicoquímica. Escuela de Ingeniería Química. Director Camilo Cortés

TITLE: DETERMINATION OF NOISE EMISSION DUE TO ELECTROPUMPS IN A FLATS BLOCK IN BOGOTA DC CITY.*

Author: CORTES RICO, Iván Alexander **

Key words: Fixed source Emissions, electro pumps, flats block, noise and vibration control.

Maximums noise level in residential places allowable by the Colombian environmental legislation follow international trends to protect human body from side effects of noise and permit quality of the rest.

Complaints of big cities residents about noise level are often and sometimes reach legal system to protect their healthy environment rights. Residential areas are the most conservative environmental noise level allowed although its measurements take place in front of the building, but not inside where some support machines as generator or electro pumps were placed neither vibration or noise emission control and considerations while the flat block was built.

The perception of noise characteristics does not ensure the regulations are being met on emissions, it is important to get measurements before the administration of common areas to the satisfaction of part of the builder and avoid further disagreements of residents and / or pay adjustments locative.

The next paper shows a field under the application of current regulations for a case of noise pollution in buildings by analyzing electric noise located on the first floors of a residential complex in the city of Bogota, in order to have decision-maker against the potential impact that the noise generated to the community.

This project carried out a comprehensive assessment of the noise level emission of electro pumps needed to know if noise control means are required to fulfil current normative.

* **Determination of noise emission due to electropumps in a flats block in Bogotá D.C. city.**

** Chemical Engineer School. Environmental Engineer Specialist. Director: Camilo Cortés

GLOSARIO

TÉRMINOS USADOS EN RUIDO.

Análisis de frecuencias: Es la medida de la distribución del sonido a lo largo del rango de frecuencias audibles.

Analizador de frecuencias: Aparato que determina el espectro de un sonido.

Bandas de Octava: Son diez intervalos fijos para analizar el espectro de frecuencias que presenta un ruido particular.

Construcción: Aquellas actividades que incluyan movimiento de terreno, demolición, remoción o disposición, excavación, operaciones en terminaciones en edificios, predios, derechos de vía, estructuras públicas o privadas o propiedad similar.

Contaminación por ruido: Cualquier emisión de sonido que afecte adversamente la salud o seguridad de los seres humanos, la propiedad o el disfrute de la misma, según las normas que se establecen en el Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido N° 28718-S.

Decibel: Unidad de medida del nivel de presión sonora, equivale a la décima parte del bel y denota la relación entre dos cantidades que son proporcionales a la potencia.

Frecuencia: Es el número de veces que se repite una cantidad en un segundo.

Fuente emisora de sonido: Comprende todas las fuentes individuales de sonido que están localizadas dentro de los límites de una propiedad, ya sean de tipo estacionario, móvil o portátil.

Fuente emisora de sonidos nuevo o modificado: Cualquier fuente que se instale en un predio, local o similar que de origen a sonido inexistente a la fecha de vigencia de este Reglamento.

Intensidad del sonido: En un punto, es la tasa media de energía sonora transmitida en una dirección concreta, a través de una unidad de área normal a esta dirección en el punto considerado.

Nivel de presión sonora: En el aire, es 20 veces el logaritmo en base 10 de una presión sonora determinada con respecto a la de referencia de 20 micropascales, μPa .

Nivel de sonido equivalente (Leq): es el nivel de sonido estable que en un periodo de tiempo establecido y en un sitio determinado, tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo.

Nivel percentil: Para una duración determinada del periodo de medición, el nivel sonoro que es superado por un X (10, 50, 90% por ejemplo) porcentaje del periodo total de muestreo.

Nivel de Sonido Máximo (Lmax): es el nivel de sonido máximo registrado en un periodo de tiempo.

Ruido: Sonido indeseable o perturbante que afecte psicológicamente o físicamente al ser humano o exceda las limitaciones establecidas en este Reglamento.

Ruido del ambiente (Background noise): Todos los ruidos asociados con un ambiente dado, compuesto usualmente por sonidos de varias fuentes cercanas y lejanas.

Ruido continuo: Ruido constante e invariable.

Ruido intermitente: El ruido que se interrumpe o cesa y prosigue o se repite.

Ruido de impacto: Ruido que tiene su causa en golpes simples de corta duración.

Sonido: Fenómeno vibratorio en el cual la materia se pone en vibración de tal forma que se afecta su densidad. Los cambios en la densidad de la materia (por lo tanto en la presión sonora que ejerce) habrán de ser rítmicos o periódicos. La descripción de este incluir todas aquellas características del sonido, tales como: longitud de onda, duración amplitud de onda, frecuencia, intensidad y velocidad.

Sonómetro: Instrumento usado para medir los niveles de sonido de acuerdo con la "American National Standards Institute" (ANSI) Specification for Sound Level Meters SI-4- 1971, type 2, o la última revisión aprobada (niveles sonoros, con ponderación de frecuencia y ponderación exponencial de tiempo promedio estandarizadas).

Vibración: Cualquier movimiento oscilatorio al azar de cuerpos sólidos descrito por el desplazamiento, velocidad, o aceleración con respecto a un punto de referencia dado.

ABREVIATURAS USADAS EN RUIDO.

dB(A): Decibeles, medidos con el filtro de ponderación A.

dB: Decibel , es la unidad de medida del nivel de presión sonora, equivale a una décima parte de un bel.

Leq: Nivel de sonido continuo equivalente integrado en el tiempo de muestreo.

L5, L50, L90: Niveles percentiles.

Hz: Unidad de frecuencia y corresponde al número de oscilaciones por segundo.

LPK: nivel de sonido máximo o mínimo que se presenta en un determinado tiempo.

Lmax: Nivel de sonido máximo registrado en un periodo de tiempo determinado.

Lmin: Nivel de sonido mínimo registrado en un periodo de tiempo determinado.

SEL: Nivel de exposición de sonido.

μPa: micropascales, unidad de presión sonora, dada como referencia 20 μPa equivalente a 0 dB).

INTRODUCCIÓN.

La contaminación acústica es considerada por la mayoría de la población de las grandes ciudades como un factor medioambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. La contaminación ambiental urbana o ruido ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las grandes ciudades.

El término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando éste se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. La causa principal de la contaminación acústica es la actividad humana; el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre otras. Los efectos producidos por el ruido pueden ser fisiológicos, como la pérdida de audición, y psicológicos, como la irritabilidad exagerada. El ruido se mide en decibelios (dB); los equipos de medida más utilizados son los sonómetros. Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 dB como el límite superior deseable.

Técnicamente, el ruido es un tipo de energía secundaria de los procesos o actividades que se propaga en el ambiente en forma de ondulatoria compleja desde el foco productor hasta el receptor a una velocidad determinada y disminuyendo su intensidad con la distancia y el entorno físico.

La contaminación acústica perturba las distintas actividades comunitarias, interfiriendo la comunicación hablada, base esta de la convivencia humana, perturbando el sueño, el descanso y la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje, y lo que es más grave, creando estados de cansancio y tensión que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular.

Existe documentación sobre las molestias de los ruidos en las ciudades desde la antigüedad, pero es a partir del siglo pasado, como consecuencia de la Revolución

Industrial, del desarrollo de nuevos medios de transporte y del crecimiento de las ciudades cuando comienza a aparecer realmente el problema de la contaminación acústica urbana. Las causas fundamentales son, entre otras, el aumento espectacular del parque automovilístico en los últimos años y el hecho particular de que las ciudades no habían sido concebidas para soportar los medios de transporte, con calles angostas y firmes poco adecuados.

Además de estas fuentes de ruido, en nuestras ciudades aparece una gran variedad de otras fuentes sonoras, como son las actividades industriales, las obras públicas, las de construcción, los servicios de limpieza y recogida de basuras, sirenas y alarmas, así como las actividades lúdicas y recreativas, entre otras, que en su conjunto llegan a originar lo que se conoce como contaminación acústica urbana.

Los edificios que se diseñan para abastecer a gran número de personas o incluso casas, en donde el servicio de agua potable no es regular o manejan gran volumen de agua circulante (piscinas), requieren de un sistema de almacenamiento de agua y por ende un equipo para su distribución o circulación entre los usuarios o servicios. Los equipos hidroneumáticos usualmente usan un compresor para mantener determinada presión dentro del sistema de distribución de agua, esta presión también puede ser mantenida por motobombas que impulsan el agua a través de la tubería bajo cierta presión. Algún método sea usado para mantener la presión en el sistema, estos equipos generan ruido.

La optimización del espacio para ofrecer generalmente áreas más amplias de uso común o social, así como la reducción de costos en materiales presionan a los constructores finalmente a colocar estos equipos en lugares poco apropiados ya sea por su cercanía a sitios de descanso o por no proveer espacio y estructuras suficientes para aislar adecuadamente las fuentes del ruido.

La percepción personal de las características del ruido no permite asegurar se estén cumpliendo las regulaciones sobre emisiones, es importante realizar mediciones antes

de recibir la administración las áreas comunes a satisfacción de parte de la constructora y evitar posteriores inconformidades de los residentes y/o costear adecuaciones locativas.

El siguiente monografía muestra un trabajo de campo bajo la aplicación de la normatividad vigente para un caso de contaminación acústica en edificios mediante el análisis de ruido de electrobombas localizados en los primeros pisos de un conjunto residencial, en la ciudad de Bogotá, con el fin de tener elementos decisorios frente al posible impacto que las emisiones sonoras generan a la comunidad. Debido a la gran cantidad de normas técnicas que sobre el ruido y su control existen solo se mencionan las más importantes, se sugiere a los interesados en este tema su revisión y aplicación en los estudios de ruido en edificaciones o fuentes estáticas ya que esta fuera del alcance de este documento describir o discutir estos procedimientos o cálculos.

El informe que a continuación se presenta, fue desarrollado por la firma SIGMA-HSEQ LTDA, el trabajo de campo se desarrolló entre el 4 y 5 de septiembre del 2008.

1. OBJETIVOS.

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar los niveles de ruido provocados por las electrobombas localizadas en los primeros pisos de un conjunto residencial y cuantificar los niveles sonoros producidos durante su funcionamiento de manera independiente al tiempo de funcionamiento o las veces que funcionan al día.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Comparar los valores resultantes con la normatividad ambiental vigente: Resolución 627 de Abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Determinar si las emisiones sonoras que generan las bombas hidroneumáticas al encender se encuentran por encima de los niveles permisibles en las áreas comunes y al interior de los apartamentos más próximos.

Sugerir medidas de mitigación del ruido en la fuente de generación

2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL MONITOREO.

2.1 METODOLOGIA DE MEDICIÓN

Los datos registrados se realizaron In-Situ a través de un Higro-Termo-Anemómetro marca EXTECH, el cual cuenta con las siguientes características:

Tabla 1. Rangos de detección mediciones climáticas

Medida	Rango de detección	Resolución	Exactitud
Velocidad del viento	0,4 m/s– 30 m/s	0,1 m/s	≤ 1200 m/min: $\pm 3\%$ > 1200 m/min: $\pm 4\%$
Temperatura	0 °C – 50 °C	0,1 °C	$\pm 1,2$ °C
Humedad Relativa	10% - 95%	0,1 %	$\pm 4\%$ (de 10% - 70%) $\pm 5,2\%$ ($> 70\%$)

Las mediciones se realizaron de la siguiente manera:

- Se ubico el instrumento de medición a una altura entre 1.2 m y 1.5 metros, coincidiendo con la altura a la cual se hace la medición de ruido.
- Se determina de manera constante la dirección predominante del viento de manera que se ubica el anemómetro y los sensores de temperatura y humedad relativa de manera perpendicular a dicha dirección.
- El tiempo de medición de los parámetros atmosféricos es de al menos 15 minutos durante la medición
- Se determinan los valores mínimos y máximos para cada una de las variables

Es importante aclarar que la medición de la velocidad del viento y los demás parámetros atmosféricos no corresponde a registrar estas variables climáticas como tal, sino a determinar el impacto que tienen estas sobre el sonómetro con el fin de validar la medición de Ruido conforme al Artículo 20 de la Resolución 627 del 2006.

2.2 DATOS METEOROLÓGICOS DURANTE MONITOREO.

Durante los días de monitoreo se registraron los siguientes datos.

Tabla 2. Datos meteorológicos diurnos “In-Situ”

No.	PUNTO	Velocidad del viento			Humedad Relativa			Temperatura			Hora
		Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media	
1	1S	0	0	0	62.2	69.8	66.0	18.4	18.6	18.5	13:35
2	1C	0	0	0	62.0	69.6	65.8	18.5	19.5	19.0	13:53
3	2S	0	0	0	60.9	62.8	61.9	18.5	19.5	19.0	14:15
4	2C	0	0	0	71.4	74.0	72.7	17.1	17.2	17.2	14:52
5	3S	0	0	0	68.5	74.6	71.6	18.7	18.7	18.7	15:15
6	3C	0	0	0	63.3	70.0	66.7	18.7	18.7	18.7	15:33
7	4S	0	0	0	63.5	64.7	64.1	18.7	18.8	18.8	15:55
8	4C	0	0	0	63.5	64.7	64.1	18.7	18.8	18.8	16:12
9	5C	0	0	0	63.4	82.3	72.9	17.9	17.9	17.9	8:44
10	5S	0	0	0	63.4	82.3	72.9	17.9	17.9	17.9	9:02
11	6S	0	0	0	61.6	65.4	63.5	17.9	18.0	18.0	9:19
12	6C	0	0	0	61.3	63.4	62.4	18.2	18.2	18.2	9:37
13	7S	0	0	0	61.5	67.8	64.7	18.8	18.8	18.8	9:55
14	7C	0	0	0	61.5	67.8	64.7	18.8	18.8	18.8	10:12
15	8S	0	0	0	52.9	68.1	60.5	19.3	19.3	19.3	10:32
16	8C	0	0	0	52.9	68.1	60.5	19.3	19.3	19.3	10:49
Promedio		0.00	0.00	0.00	62.1	69.7	65.9	18.46	18.63	18.54	

2.2.1 Velocidad del Viento.

Para esta variable durante el periodo de tiempo del monitoreo no se presentaron flujos de viento, por tanto a lo largo del monitoreo se registró una velocidad de 0 m/s, por lo

que los datos de ruido obtenidos no presentan interferencia por este factor climático, al ser menores de 3 m/s

2.2.2 Temperatura.

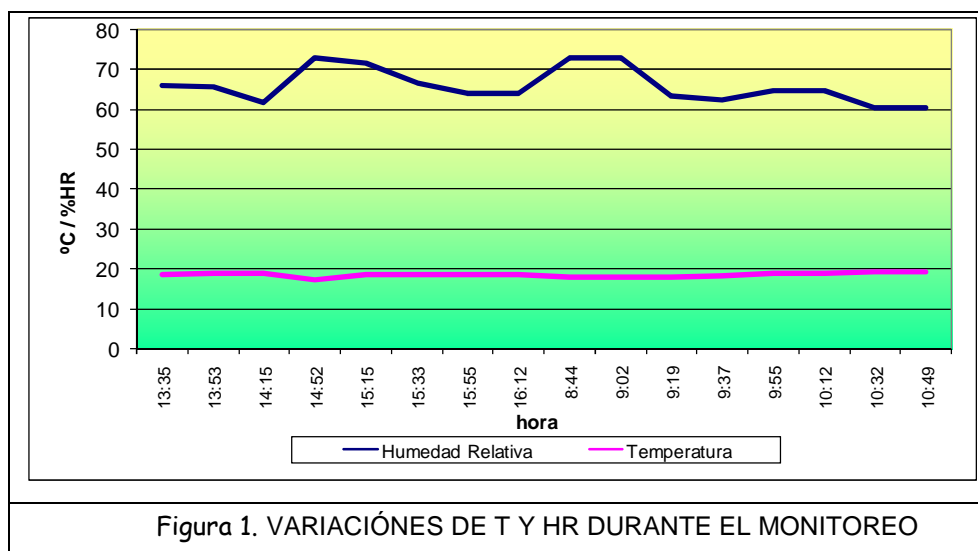
De acuerdo con los datos registrados en campo se puede observar una temperatura máxima de 19,5 °C y una mínima de 17,9 °C, para una media de 18,5 °C, para el periodo diurno.

2.2.3 Humedad Relativa.

Para el periodo diurno se registró una Humedad Relativa máxima de 82,3% y una mínima de 52,9 % para una media de 65,9%.

2.2.4 Precipitación.

Durante el monitoreo no se presentaron precipitaciones



2.3 RANGOS DE INCERTIDUMBRE DEL SONÓMETRO POR VARIABLES CLIMÁTICAS

El sonómetro utilizado presenta los siguientes rangos de variación de acuerdo a las siguientes variables climáticas

Tabla 3. Rangos de incertidumbre por variaciones climáticas

Factor climático	Condición climática	Variación
Humedad Relativa	< 10% y > 90%	(< 0,5 dB efectivos)
Temperatura	-10 °C a + 50 °C	(< 0,5 dB efectivos)

Por lo anterior se concluye que las condiciones climáticas al momento del monitoreo no afectan las lecturas registradas.

3. EMISIÓN DE RUIDO

Esta sección contiene las metodologías, resultados y análisis de los mismos para el monitoreo a las emisiones sonoras y ruido producido por las bombas hidroneumáticas localizadas en el primer piso de las torres 1 y 3 del conjunto Torremora II.

3.1 GENERALIDADES.

3.1.1 Efectos del ruido sobre la salud.

A continuación se presenta información sobre investigaciones de organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud OMS, la Comunidad Económica Europea CEE, la Agencia Federal de Medio Ambiente Alemana y el CSIC Español (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), sobre los efectos perjudiciales del ruido en la salud.

Estos perjuicios varían desde trastornos puramente fisiológicos, como la conocida pérdida progresiva de audición, hasta los psicológicos, al producir una irritación y un cansancio que provocan disfunciones en la vida cotidiana, tanto en el rendimiento laboral como en la relación con los demás. La lista de posibles consecuencias de la contaminación acústica es larga: interferencias en la comunicación, perturbación del sueño, estrés, irritabilidad, disminución de rendimiento y de la concentración, agresividad, cansancio, dolor de cabeza, problemas de estómago, alteración de la presión arterial, alteración de ritmo cardíaco, depresión del sistema inmunológico (baja de defensas), alteración de los niveles de segregación endocrina, vasoconstricción, problemas mentales, estados depresivos, etc.

A continuación se presenta la Tabla 4 con los valores de exposición de ruido, tiempo y efectos sobre la salud para diferentes ambientes.

Tabla 4. Valores Límite Recomendados.

Ambiente	Efectos en la salud	LAeq (dB)	Tiempo (horas)	LAmáx, fast (dB)
Exterior habitable	Molestias graves, día y anochecer	55	16	-
	Molestias moderadas, día y atardecer	50	16	-
Interior de viviendas	Interferencia en la comunicación verbal, día y anochecer	35	16	
Dormitorios	Perturbación del sueño, noche	30	8	45
Fuera de los dormitorios	Perturbación del sueño, ventana abierta (valores en el exterior)	45	8	60
Aulas de escolar y preescolar, interior	Interferencia en la comunicación, perturbación en la extracción de información, inteligibilidad del mensaje	35	Durante la clase	-
Dormitorios de preescolar, interior	Perturbación del sueño	30	Horas de descanso	45
Escolar, terrenos de juego	Molestias (fuentes externas)	55	Durante el juego	-
Salas de hospitales, interior	Perturbación del sueño, noche	30	8	40
	Perturbación del sueño, día y anochecer	30	16	-
Salas de tratamiento en hospitales, interior	Interferencia con descanso y restablecimiento	<u>01</u>		
Zonas industriales, comerciales y de tráfico, interior y exterior	Daños al oído	70	24	110
Ceremonias, festivales y actividades recreativas	Daños al oído (asistentes habituales: < 5 veces/año)	100	4	110
Altavoces, interior y exterior	Daños al oído	85	1	110
Música a través de cascos y auriculares	Daños al oído (valores en campo libre)	85 <u>04</u>	1	110
Sonidos impulsivos de juguetes,	Daños al oído (adultos)	-	-	140 <u>02</u>

Ambiente	Efectos en la salud	LAeq (dB)	Tiempo (horas)	LAm _{ax, fast} (dB)
fuegos artificiales y armas de fuego	Daños al oído (niños)	-	-	120 ()2
Exteriores en parques y áreas protegidas	Perturbación de la tranquilidad	()3		

Fuente: OMS (Organización Mundial de la Salud)

Notas:

()1: Tan débil como se pueda.

()2 : Presión sonora pico (no LAm_{ax, fast}), medida a 100 mm del oído.

()3 : Las zonas tranquilas exteriores deben preservarse y minimizar en ellas la razón de ruido perturbador a sonido natural de fondo.

()4 : Bajo los cascos, adoptada a campo libre.

3.1.2 Ruido.

Es un sonido u otra alteración desagradable o no deseada. Por extensión, cualquier alteración no deseada dentro de una banda de frecuencia útil, como ondas eléctricas inadecuadas en un canal o aparato de transmisión.

3.1.3 Ruido Ambiental.

Es el ruido envolvente asociado con un ambiente determinado en un momento específico, compuesto habitualmente del sonido de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas; ningún sonido en particular es dominante.

3.1.4 Sonido.

Es una alteración física en un medio (gas, líquido o sólido) al oscilar sus partículas, que puede ser detectada por el oído humano.

3.2 PROPÓSITO DE LA MEDICIÓN.

Realizar la medición de ruido producido por las bombas hidroneumáticas del conjunto Torremora II, de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 3 del Anexo 3 de la resolución 627 del 2006.

De acuerdo con lo anterior, el estudio de ruido se realizó con el fin de monitorear al momento de entrada en funcionamiento de dichas bombas los niveles de sonido continuo equivalente (L_{EQ}), sonido equivalente residual y nivel L90, tanto en la fuente como al interior de las viviendas más cercanas a dichas bombas. Lo anterior con el fin de tener herramientas sólidas para definir si es necesario realizar medidas correctivas.

3.3 NORMATIVIDAD APLICABLE.

Así mismos resultados se comparan con los valores establecidos por la normatividad ambiental vigente: resolución 627 de Abril de 2006, del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Tabla 5. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido, expresados en decibeles dB(a).

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Ruido Moderado	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido.	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado.	Residencial suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 627 de Abril de 2006

Otras normas que se tuvieron en cuenta son:

- Decreto 948 de junio de 1995 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- Resolución 8321 de 1983 del Ministerio de Salud Pública.

De acuerdo con la tabla anterior, el área en donde se desarrolla el monitoreo corresponde a un sector B de tranquilidad y ruido moderado, subsector de zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, con estándares máximos permisibles de emisión de ruido de 65 dB(A) para el día y 55 dB(A) para el periodo nocturno.

Especificación Standard de medidores de niveles de sonido para propósitos generales tipo 1; American National Standards Institute (ANSI S1.4—1983-R2001, ANSI S1.11-2004 Y ANSI S1.43-1997-R2002) y Technical Commission (IEC 61672-1, IEC 61672-2, IEC 61260, IEC 61000).

NTC 3428 Sonómetros (coincide con la norma IEC 651)

ISO 1996. Niveles de ruido ambiental con ponderación A.

ISO 6242-3 1992 para criterios de ruido o confort.

NTC 3521. Acústica. Descripción Y Medición Del Ruido Ambiental. Aplicación De Los Límites De Ruido.

NTC 3437: Ruido emitido por maquinaria y equipo. (coincide con la norma ISO 6081).

Norma Básica de la Edificación NBE CA-88 Decreto Real 1909/81 y corregida en 1988 y actualizado en el Real Decreto 1371/2007 en el código técnico de la edificación CTE derivada de la Directiva 89/106/CEE y la 2002/49/CE.

Norma Europea UNE-EN 12354: Aislamiento, transmisión y absorción sonora en recintos de acuerdo a sus elementos constructivos.

Proyecto de Ley 040/2008 “mediante el cual se adoptan medidas para controlar, vigilar y reducir todo tipo de contaminación acústica en el territorio Colombiano”.

3.4 TIPO DE INSTRUMENTACIÓN UTILIZADO.

3.4.1 Descripción de los equipos.

- **Sonómetro.**

El sonómetro utilizado tiene capacidad de medir el nivel equivalente de presión sonora con ponderación frecuencial A, -LAeq-, directa e indirectamente; cumple con las especificaciones de sonómetro Tipo 1 y es integrador de clase P.

Como instrumento de medición de niveles de presión sonora se empleó un sonómetro marca QUEST SOUNDPRO DLX con **NÚMERO DE SERIE: RTG010002**. Este se ha calibrado eléctrica y acústicamente, con filtro de ponderación A y de respuesta rápida, en forma continua.

Nivel de linealidad con una tolerancia de +/- 0.7 dB referenciado a 94 dB.

De acuerdo con las especificaciones del sonómetro se tiene: Precisión +/- 0.5 dB, para temperaturas de operación entre -10 y + 50 °C, y humedad relativa entre 10 y 90%.

El sonómetro utilizado excede los requerimientos contemplados en la resolución 627 de Abril de 2006, capítulo IV, tipo II, integrador, igualmente cuenta con su respectivo calibrador y pantalla antiviento.

Tiene una calibración vigente hasta el 3 de marzo del 2009 (ver anexo 1)

- **Calibrador o pistófono.**

Calibrador QC10 marca QUEST, con patrón de 114 dB(A) a una frecuencia de 1000 Hz. con **NÚMERO DE SERIE: QIG010135**

Tiene una calibración vigente hasta el 3 de marzo del 2009 (ver anexo 1)

Los equipos anteriores (sonómetro y calibrador) cumplen con los requerimientos del American National Standards Institute (ANSI S1.4—1983-R2001, ANSI S1.11-2004 Y ANSI S1.43-1997-R2002), Especificación Standard de medidores de niveles de sonido para propósitos generales tipo 1; y la International Electro - Technical Commission (IEC 61672-1, IEC 61672-2, IEC 61260, IEC 61000).

- **Trípode**

Genérico con altura variable de 0,5 m a 2,0 metros de altitud, con capacidad de giro de 360 grados en horizonte y en vertical

3.5 PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS.

La comprobación del correcto funcionamiento del equipo se realizó antes y después de cada monitoreo, con la ayuda del calibrados o pistófono antes descrito. Los resultados de las calibraciones diarias se presentan en la Tabla 5.

Tabla 6. Resultados de las calibraciones diarias del equipo de medición de niveles de ruido.

Fecha	SONOMETRO RTG010002		INCERTIDUMBRE DEL MUESTREO
	Lectura Inicial	Lectura final	
04/09/08	113,9 dB	114,1	±0.2 dB
05/09/08	114,0	114,1	±0.1 dB

Fuente: Sigma HSEQ Ltda.

3.6 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE RUIDO.

- a) En cada uno de los puntos se realizó la medición en dos escenarios
- El primero con las bombas hidroneumáticas funcionando, debido a que dichas bombas tienen un periodo de funcionamiento de aproximadamente 6 minutos, se colocaron a funcionar de manera manual, de tal forma que cuando se apagaban a los 6 minutos, estas se reiniciaban manualmente con el fin de poder cubrir 15 minutos efectivos de monitoreo. Es de aclarar que este procedimiento se realiza con el fin de tomar las mediciones de ruido puesto que normalmente las bombas funcionan de manera automática y se encienden cuando existe consumo de agua en el edificio.
 - El segundo escenario corresponde al mismo punto pero con las bombas hidroneumáticas apagadas.
- b) La determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente, se realiza y expresa en decibeles con ponderación de filtro (dB(A)).
- c) Las medidas de niveles de ruido ambiental con ponderación A, se efectúan teniendo en consideración la norma ISO 1996.
- d) El micrófono siempre se protegió con la pantalla antiviento y se colocó sobre un trípode para su montaje, a una altura de 1.5 m
- e) Se midió la velocidad del viento, con un anemómetro digital marca EXTECH, en caso la velocidad de viento fuese superior a 3 m/s, se procedió de acuerdo con el párrafo del Artículo 20 del Decreto 627 del 2006, es decir que se suspendió el monitoreo. Técnicamente se pone en pausa la sesión, reiniciándola al momento en que la velocidad del viento baja.

f) Igualmente no se realizaron mediciones en condiciones de lluvia y de pavimentos húmedos.

3.6.1 Descripción de los Intervalos de tiempos de medición.

Debido a que las bombas neumáticas de presión presentan tiempos irregulares de funcionamiento, los cuales están relacionados con la demanda de agua del edificio, se tomó como Intervalo de tiempo para la captura de información un periodo de tiempo de quince minutos por cada punto de muestreo realizando un funcionamiento manual de dichas bombas, procurando encenderlas el mayor tiempo posible a lo largo de estos quince minutos, en caso que se apagaran se reiniciaban de nuevo de manera manual.

3.6.2 Variables medidas

El sonómetro cuenta con tres canales en los cuales se realizaron las siguientes mediciones de manera simultánea.

Se determinaron los niveles de sonido equivalente (L_{EQ}), sonido equivalente residual, Percentil 90 (L_{90}), niveles máximos (L_{MAX}) y mínimos (L_{MIN}), con filtro de ponderación frecuencial A y filtro de ponderación temporal S.

Se realizaron mediciones de tercio de octava en LEQ desde 12,5 Hz hasta los 20000 KHz

Igualmente se midió el nivel de sonido equivalente con filtro de ponderación frecuencial A y filtro de ponderación temporal I (intervalo).

3.6.3 Cálculo de ruido residual.

En virtud que esta medición es de ruido ambiental no existe una fuente específica de ruido que se pueda encender o apagar para calcular el ruido residual.

3.6.4 Corrección de los niveles de ruido.

De acuerdo con el Artículo 6 de la resolución 627 del 2006, los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, Leq, Leq,, Residual y nivel percentil L90, se corrigen por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora.

Las correcciones, en decibeles, se efectúan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$LR A(X),T = LA(X),T + (KI, KT, KR, KS)$$

Donde:

- KI es un ajuste por impulsos (dB(A))
- KT es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A))
- KR es un ajuste por la hora del día (dB(A))
- KS es un ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo bajas frecuencias (dB(A))
- (X) corresponde a cualquiera de los parámetros de medida.

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, Leq, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).

3.6.5 Calculo de emisión o aporte de ruido.

La emisión o aporte de ruido de cualquier fuente se calculo de acuerdo al Artículo 8 de la Resolución 627 del 2006 en donde se utiliza la siguiente expresión matemática:

$$Leq_{emisión} = 10 \log (10^{(L_{RAeq,1h})/10} - 10^{(L_{RAeq,1h,Residual})/10})$$

Donde:

- $Leq_{emisión}$: Nivel de emisión de presión sonora, o aporte de la(s) fuente(s) sonora(s), ponderado A,
- $L_{RAeq,1 h}$: Nivel corregido de presión sonora continuo equivalente ponderado A, medido en una hora,
- $L_{RAeq,1 h, Residual}$: Nivel corregido de presión sonora continuo equivalente ponderado A, Residual, medido en una hora.

3.7 LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO


El presente estudio realizó puntos tanto en cada uno de los cuartos de bombas, como en las áreas comunes cercanas y los apartamentos de influencia directa al ruido de las bombas como se menciona a continuación

Tabla 7. Puntos de monitoreo de ruido.

No.	PUNTO	LOCALIZACIÓN	ESTADO DE LA BOMBA HIDRONEUMÁTICA
1	1S	Dentro de cuarto de bombas (Torre 1)	Apagada
2	1C	Dentro de cuarto de bombas (Torre 1)	Encendido
3	2S	Fuera de cuarto de bombas (zona común) - Torre 1	Apagada
4	2C	Fuera de cuarto de bombas (zona común) - Torre 1	Encendido
5	3S	Dentro del apartamento 202 (Torre 1)	Apagada
6	3C	Dentro del apartamento 202 (Torre 1)	Encendido
7	4S	Dentro del apartamento 301 (Torre 1)	Apagada
8	4C	Dentro del apartamento 301 (Torre 1)	Encendido
9	5C	Dentro de cuarto de bombas (Torre 3)	Encendido

No.	PUNTO	LOCALIZACIÓN	ESTADO DE LA BOMBA HIDRONEUMÁTICA
10	5S	Dentro de cuarto de bombas (Torre 3)	Apagada
11	6S	Fuera de cuarto de bombas (zona común) - Torre 3	Apagada
12	6C	Fuera de cuarto de bombas (zona común) - Torre 3	Encendido
13	7S	Dentro del apartamento 202 (Torre 3)	Apagada
14	7C	Dentro del apartamento 202 (Torre 3)	Encendido
15	8S	Dentro del apartamento 301 (Torre 3)	Apagada
16	8C	Dentro del apartamento 301 (Torre 3)	Encendido

3.8 RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO TORRE 1

DENTRO DE CUARTO DE BOMBAS TORRE 1		
	Fecha de medición	Septiembre 4 de 2008
	Hora de Inicio	1:35 p.m.
	Hora de finalización	2:08 p.m.
	Responsable	SIGMA HSEQ LTDA
	LOCALIZACIÓN	
	Dentro del cuarto de Bombas de la Torre 1	
CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA		
La medición se realizó dentro del cuarto de bombas con la puerta que da al exterior del cuarto cerrada.		
CARACTERÍSTICAS ENTRE LA FUENTE Y EL RECEPTOR		
No se presentan estructuras entre las fuentes generadoras de ruido y el receptor (sonómetro). El sonómetro se ubicó aproximadamente 1 metro de las bombas dentro del cuarto.		
DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE GENERACIÓN DE RUIDO		
Dentro del cuarto no se perciben ruidos exteriores, por cuanto la puerta cerrada los disminuye de manera sustancial		

Fuente: SIGMA-HSEQ Ltda.

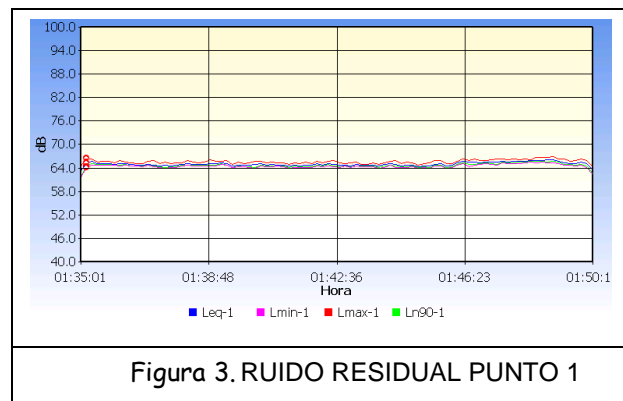
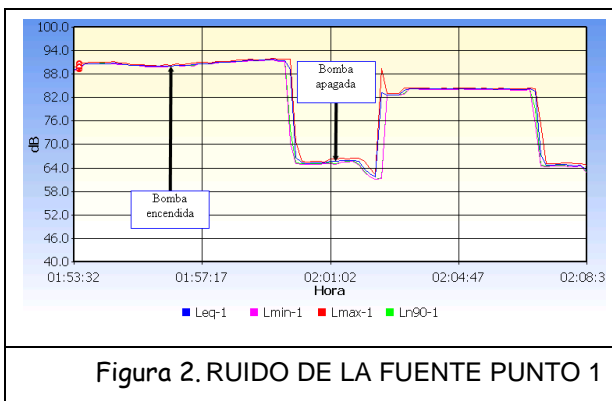
3.8.1 Reporte del sonómetro (punto 1).

- **Ruido de la fuente**

En la figura 2 se puede observar que al momento de funcionamiento de la bomba hidroneumática se presenta un ruido bastante uniforme, con una duración de aproximadamente 6 minutos, teniendo un nivel de ruido que va entre los 91,5 dB y los 84 dB, teniendo en total un nivel de ruido equivalente de 87,5 dB.

Se registró un nivel L_{90} de 64,8 dB, el cual dista mucho del nivel L_{EQ} , por lo que existen pulsos de ruido, lo cual es producido por el proceso de apagado y encendido de la bomba.

En la gráfica se observa que al momento de apagarse la bomba el nivel de ruido es el mismo que se observa como ruido residual (figura 3), por tanto el funcionamiento de las bombas incrementa el nivel de ruido en 25 dB, es importante mencionar que este valor no corresponde a la emisión de ruido calculada de acuerdo a la Resolución 627 del 2006.



- **Ruido residual**

Con las bombas apagadas se puede observar que el ruido residual es bastante continuo, producto del encerramiento que tiene el cuarto, por tanto no se detectan dentro de este ruidos que provengan del exterior como los apartamentos o pasillos.

El ruido presentado alcanza un nivel L_{EQ} de 65 dB, en donde no se identifica con claridad su origen, el cual puede ser el paso de agua por la tubería, el nivel L_{90} presentado fue de 64,4 dB.

3.8.2 Corrección de niveles de ruido (punto 1).

La memoria de cálculo de la corrección de los niveles de ruido se puede observar en el anexo 3, la corrección de ruido se dio por tonalidad en la cual los tercios de octava correspondientes a 50 Hz, y 250 Hz presentan componentes tonales netos. Los tercios de octava correspondientes a 63 Hz 160 Hz y 2 KHz presentan componentes tonales fuertes.

No hubo corrección por componentes impulsivos, horarios, ni por frecuencias bajas en instalaciones de ventilación o climatización.

Tabla 8. Corrección de niveles de ruido punto 1.

CORRECCIÓN				
	Impulso	Tono	Hora	Bajas frecuencias
VARIABLE	K_I	K_T	K_R	K_S
FUENTE	0	6	0	0
RESIDUAL	0	6	0	0
NIVELES CORREGIDOS				

NIVEL	Ruido de la Fuente		Ruido Residual	
	Registro del sonómetro	Registro corregido	Registro del sonómetro	Registro corregido
Leq	87.5	93.5	65	71.0
L90	64.8	70.8	64.4	70.4
Leq _{emisión}	93.48			

3.8.3 Emisión de ruido (punto 1).

Al calcular la emisión de ruido producido por la fuente, de acuerdo con la Resolución 627 del 2006 da como resultado que la emisión de ruido o el aporte de ruido producido por las bombas hidroneumáticas presenta un nivel de 93,48 dB. lo cual supera los límites normativos tanto diurnos como nocturnos

Debido a que existe una incertidumbre generada por el constante apagado y encendido de los motores, se puede decir que la emisión neta de ruido generado por las bombas hidroneumáticas se encuentra entre los 21,5 dB y 25 dB

Al comparar los niveles tanto de ruido de la Fuente como de ruido Residual, la diferencia es de 22,5 dB, por tanto existe una gran diferencia en la generación de ruido entre los momentos en que está encendida la bomba y los momentos en los cuales está apagada.

3.8.4 Variabilidad en la fuente (punto 1).

- **Ruido de la Fuente**

En este punto el nivel de L_{EQ} es de 93,5 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 70,8, la diferencia de 22,7 dB entre estos dos da la idea de que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando pulsos de mayor intensidad de manera

irregular en el tiempo, los cuales corresponden al proceso de encendido y apagado de las bombas hidroneumáticas.

Se observa también que el nivel mínimo (61,1 dB) presenta una diferencia de 9,7 dB con el nivel de L_{90} , por lo que se asume que existe un ruido adicional al mínimo posible, el cual no se pudo identificar plenamente en campo, pues puede corresponder al eco que producen los aviones que pasan por la zona o los ruidos de la portería.

- **Ruido Residual.**

En la medición del ruido residual (con la bomba apagada) se presentó un nivel de L_{EQ} de 71 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 70,4, la diferencia de 0,6 dB entre estos dos indica que el ruido que se percibe en este punto es de tipo continuo, es decir que no existen pulsos de mayor intensidad.

Se observa también que el nivel mínimo presenta una diferencia de 2,8 dB con el nivel de L_{90} , por lo que el ruido percibido es prácticamente el mínimo posible, la diferencia se puede dar por algunos ruidos provenientes del exterior del cuarto, pero su influencia es mínima.

3.8.5 Aporte de ruido (punto 1).

- **Ruido de la Fuente**

En la figura 4 se observa que existen tres picos, separados unos de otros por lo que los ruidos registrados por la fuente no corresponden a un amplio rango de ruidos sino que corresponden a fuentes unitarias o específicas, es decir que no hay niveles de ruido intermedios. El rango de niveles de ruido que más ocurren son los 84 dB y 91 dB, con una ocurrencia del 23,8% y 24,4% del total del tiempo de muestreo, seguido de la ocurrencia de un ruido de 91 dB en un 14,2% del tiempo, por tanto en un 62,4 % del tiempo las bombas hidroneumáticas estuvieron en funcionamiento.

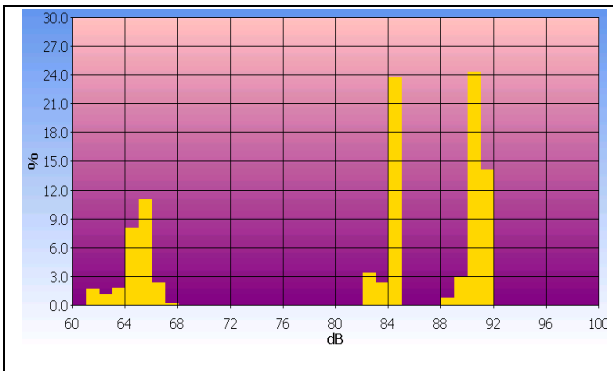


Figura 4. APOORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 1

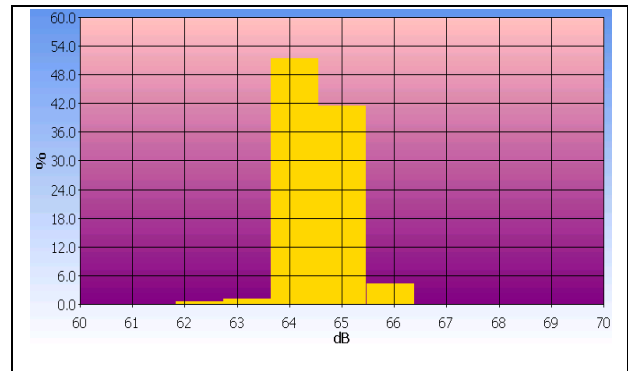


Figura 5. APOORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 1

Se observa por tanto que la bomba genera dos tipos de ruido, uno de 84 dB y otro de 91 dB muy diferenciados entre ellos.

Los picos más bajos corresponden al ruido residual, el cual aparece de manera separada de los ruidos producidos por las bombas en la parte izquierda de la gráfica y corresponden al instante en que las bombas se apagan.

- **Ruido Residual.**


En el ruido residual no se perciben numerosos ruidos, se observa en la figura 5 que estos son muy específicos siendo los niveles de 64 dB y 65 dB, prácticamente los únicos percibidos, estando presentes el 51,5% y el 41,7% del tiempo de monitoreo respectivamente.

3.8.6 Conclusión cuarto de bombas Torre 1 (punto 1).

El funcionamiento de las bombas hidroneumáticas produce un ruido entre los 83,9 dB y los 91.7 dB, el ruido residual se calculo en 65 dB, de tal manera que la emisión de ruido neto por parte de estas bombas se encuentra entre los 21,5 y los 25 dB.

No existen fuentes adicionales de ruido dentro del cuarto, siendo el aporte de ruido por parte de las bombas en dos niveles de ruido, uno de 84 dB y otro de 91 dB.

Los niveles de ruido cuando las bombas están funcionando en este punto exceden los límites normativos de ruido diurno en 28,5 dB, mientras que los niveles de ruido en este punto cuando las bombas no se encuentran prendidas exceden la norma en 6 dB.

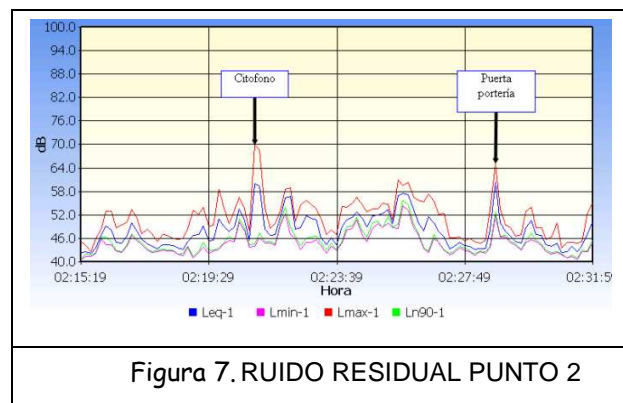
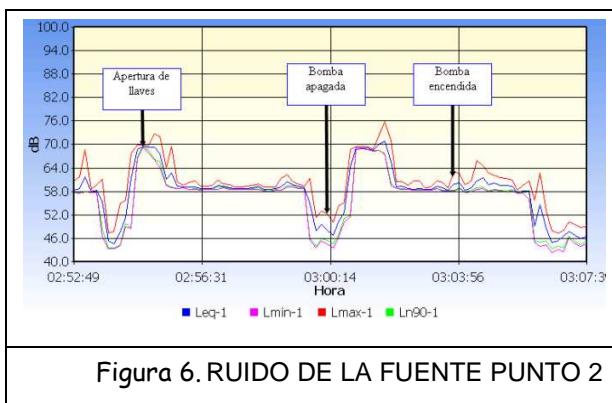
FUERA DEL CUARTO DE BOMBAS TORRE 1		
	Fecha de medición	Septiembre 4 de 2008
	Hora de Inicio	2:15 p.m.
	Hora de finalización	3:07 p.m.
	Responsable	SIGMA HSEQ LTDA
	LOCALIZACIÓN	
		Por fuera del cuarto de Bombas
CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA		
La medición se realizó a tres metros del cuarto de bombas con la puerta que da al exterior del cuarto cerrada. A un metro por el costado derecho del sonómetro se encuentra un tanque de almacenamiento de agua, proveniente de las bombas, el cual no tienen muro.		
CARACTERÍSTICAS ENTRE LA FUENTE Y EL RECEPTOR		
Entre la fuente y el receptor se encuentra la puerta de acceso al cuarto de bombas hidroneumáticas.		
DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE GENERACIÓN DE RUIDO		
<p>Con las bombas apagadas se presentan ruidos provenientes de la portería, el paso de aviones y ruidos de las casas ubicadas en la parte trasera del conjunto.</p> <p>Con las bombas encendidas, la fuente es el ruido de la bomba y en especial el tanque de almacenamiento de agua, el cual hace ruido cuando entra en proceso de llenado. Cuando se apagan las bombas, el proceso de llenado manual exige la apertura de llaves, las cuales se convierten en fuente de ruido por el paso de agua a presión y este se hace con la puerta abierta.</p>		

Fuente: SIGMA-HSEQ Ltda.

3.8.7 Reporte del sonómetro (punto 2).

- **Ruido de la fuente**

En la figura 6 se puede observar nuevamente que el funcionamiento de la bomba hidroneumática presenta un ruido bastante uniforme, con una duración de aproximada de 6 minutos, con un nivel de ruido LEQ alrededor de los 58 dB. Al inicio de la entrada en funcionamiento de las bombas se presenta un pico de aproximadamente 69 dB que corresponde a la apertura de llaves y registros para poder iniciar las bombas de manera manual durante el monitoreo, es importante aclarar que este evento no sucede normalmente pues la puerta se encuentra siempre cerrada y resulta en un factor de incertidumbre para el muestreo, lo cual se realiza para efectos de la medición de ruido. En la gráfica se observa que al momento de apagarse la bomba el nivel de ruido más bajo presenta niveles similares a los obtenidos como ruido residual (figura 7), por tanto el funcionamiento de las bombas incrementa el nivel de ruido en aproximadamente 14 dB, es importante mencionar que este valor no corresponde a la emisión de ruido calculada de acuerdo a la Resolución 627 del 2006.



- **Ruido residual**

Con las bombas apagadas se puede observar que el ruido residual es bastante discontinuo con numerosos picos que corresponde a todo el ruido que se emite por

diferentes fuentes como la portería, paso de habitantes del conjunto y ruidos de las casas ubicadas en la parte trasera del conjunto. El ruido presentado alcanza un nivel L_{EQ} de 50,5 dB, el nivel L_{90} presentado fue de 42,7 dB.

3.8.8 Corrección de niveles de ruido (punto 2).

La memoria de cálculo de la corrección de los niveles de ruido se puede observar en el anexo 3, la corrección de ruido se dio por tonalidad tan solo en la determinación del ruido residual en la cual el tercio de octava correspondiente a 2,5 KHz presenta componentes tonales netos. Los tercios de octava correspondientes al ruido de la fuente no tuvieron correcciones por tonalidad.

Las demás correcciones por componentes impulsivos, horarios, o por frecuencias bajas en instalaciones de ventilación o climatización no dieron valores para corrección.

Tabla 9. Corrección de niveles de ruido punto 2.

CORRECCIÓN				
	Impulso	Tono	Hora	Bajas frecuencias
VARIABLE	K_I	K_T	K_R	K_S
FUENTE	0	0	0	0
RESIDUAL	3	3	0	0
NIVELES CORREGIDOS				
	Ruido de la Fuente		Ruido Residual	
NIVEL	Registro del sonómetro	Registro corregido	Registro del sonómetro	Registro corregido
Leq	62.1	62.1	50.5	53.5
L90	46.3	49.3	42.7	45.7
Leq_{emisión}	61.45			

3.8.9 Emisión de ruido (punto 2).

Al calcular la emisión de ruido producido por la fuente, de acuerdo con la Resolución 627 del 2006 da como resultado que la emisión de ruido o el aporte de ruido producido por las bombas hidroneumáticas presenta un nivel de 61,45 dB, el cual, se encuentra dentro los límites normativos diurnos, pero supera los límites nocturnos.

Debido a que existe una incertidumbre generada por el constante apagado y encendido de los motores, se puede decir que la emisión neta de ruido generado por las bombas hidroneumáticas se encuentra cercano a los 14 dB (ver figura 6).

Al comparar los niveles tanto de ruido de la Fuente como de ruido Residual, la diferencia es de 8,6 dB, por lo tanto, se perciben diferencias de ruido, al momento de encender dichas bombas.

3.8.10 Variabilidad en la fuente (punto 2).

- **Ruido de la Fuente**

En este punto el nivel de L_{EQ} es de 62,1 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 49,3, la diferencia de 12,8 dB entre estos dos da la idea de que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando pulsos de mayor intensidad de manera irregular en el tiempo, los cuales corresponden al proceso de encendido y apagado de las bombas hidroneumáticas, dichos pulso tienden a ser de menor magnitud que los registrados dentro del cuarto de bombas.

Se observa también que el nivel mínimo presenta una diferencia de 3.9 dB con el nivel de L_{90} , por lo que se asume que existe un ruido adicional al mínimo posible, el cual corresponde a los ruidos producidos por casas vecinas y aquellos producidos en la portería.

- **Ruido Residual.**

En la medición del ruido residual (con la bomba apagada) se presentó un nivel de L_{EQ} de 53,5 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 45,7 dB, la diferencia de 7,8 dB entre estos dos indica que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando pulsos de variada intensidad, tal como se observa en la figura 7.

Se observa también que el nivel mínimo registrado (40,4 dB) presenta una diferencia de 2,3 dB con el nivel registrado (sin corregir) de L_{90} , por lo que el ruido percibido es cercano al mínimo posible, la diferencia se da por los ruidos de portería y casa vecinas.

3.8.11 Aporte de ruido (punto 2).

- **Ruido de la Fuente**

En la figura 8 se observa que existen tres crestas de ruido, en donde la de mayor porcentaje de aporte de ruido está dada por la de 58 dB con el 30,8 % del tiempo de monitoreo, ubicada en el sector central de la gráfica y que corresponde al ruido de las bombas. Se observa que el nivel LEQ se encuentra cercano a este nivel de ruido

En la parte izquierda de la gráfica se observa el aporte de ruido que tiene el ruido residual, el cual tiene numerosos niveles de ruido, pero que su aporte es escaso, con un máximo de ocurrencia del 3% del tiempo de monitoreo.

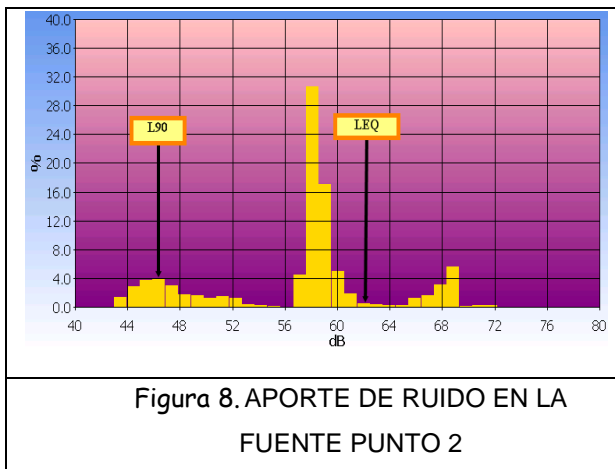


Figura 8. APOORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 2

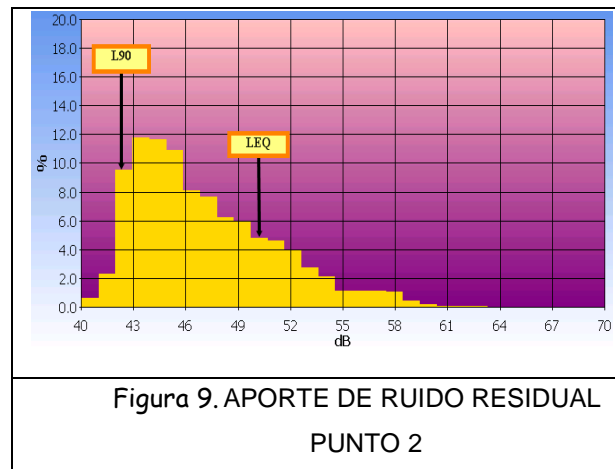


Figura 9. APOORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 2

Algo similar ocurre con algunos niveles de ruido en la parte derecha de la gráfica, la cual corresponde a los instantes en que se abrió la puerta del cuarto de maquinas para abrir los registros y reiniciar las bombas para el monitoreo, estos niveles también presentaron una baja presencia con un máximo del 3,3% del tiempo del monitoreo.

- **Ruido Residual.**

En el ruido residual se perciben numerosos ruidos, como se observa en la figura 9, de los cuales el de mayor presencia corresponde a los comprendidos entre los 43 dB y los 45 dB, con una presencia del 34,5% del tiempo de monitoreo, cuyo origen resulta difícil de determinar, pues no corresponde a una fuente en particular.


3.8.12 Conclusión afuera del cuarto de bombas Torre 1 (punto 2).

El funcionamiento de las bombas hidroneumáticas produce en este sitio, que es una zona común, un ruido de 62,1 dB, el ruido residual se calculo en 53,5 dB, de tal manera que la emisión de ruido neto por parte de estas bombas se encuentra entre los 14 y los 14,2 dB.

Al comparar estos niveles de ruido con los niveles generados dentro del cuarto de bombas se puede decir que el Dry Wall instalado como muro y la puerta de madera de

acceso a esta área reducen el ruido generado en 31 dB. De igual manera se estima que la emisión de ruido por parte de las bombas pasa de 93,48 dB a 61,48 dB, es decir una reducción de 32 dB

Los niveles de ruido cuando las bombas están funcionando en este punto no exceden los límites normativos de ruido diurno, sin embargo, si superan los límites nocturno, adicionalmente se espera que durante la noche, en donde se debe hacer una corrección de ruido de 10 dB y a que el límite normativo de ruido en la noche es de 55 dB, estos niveles de ruido se deben incrementar en esta área, por lo que se hace necesario adelantar acciones para disminuir la propagación de ruido en esta zona en horas nocturnas.

INTERIOR DEL APARTAMENTO 202 TORRE 1		
	Fecha de medición	Septiembre 4 de 2008
	Hora de Inicio	3:15 p.m.
	Hora de finalización	3:48 p.m.
	Responsable	SIGMA HSEQ LTDA
	LOCALIZACIÓN	
		Al interior del apartamento 202
CARACTERISTICAS DEL ÁREA		
La medición se realizó a un metro de la puerta, se destaca que en el apartamento no existían fuentes de ruido como televisores o radios, sin embargo, se percibían ruidos de la calle por tener las ventanas de la sala abierta.		
CARACTERISTICAS ENTRE LA FUENTE Y EL RECEPTOR		
Entre la fuente (bombas hidroneumáticas) y el receptor (sonómetro) se encuentran los muros y la puerta de acceso al apartamento.		
DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE GENERACIÓN DE RUIDO		
Con las bombas apagadas se presentan ruidos provenientes del teléfono, nevera y algunos sonidos provenientes de la calle como el paso de carros.		
Con las bombas encendidas, la fuente es el ruido de la bomba y algunos ruidos provenientes de la		

INTERIOR DEL APARTAMENTO 202 TORRE 1
calle como pitos de carros.

Fuente: SIGMA-HSEQ Ltda.

3.8.13 Reporte del sonómetro (punto 3).

- **Ruido de la fuente**

En la figura 10 se puede observar nuevamente que el funcionamiento de la bomba hidroneumática presenta un ruido bastante sostenido de aproximadamente de 6 minutos, con un nivel de ruido L_{EQ} alrededor de los 46 dB. En general, este punto registró un nivel de L_{EQ} de 48,1 y un nivel de L_{90} de 34 dB

En la gráfica se sigue presentando un aumento del nivel de ruido antes de encenderse, generado por la apertura de los registros de agua, sin embargo en el segundo piso son poco perceptibles alcanzando un nivel de 51 dB.

Igualmente, se perciben con mayor intensidad los ruidos provenientes de la calle, como ocurrió por el paso de un carro pitando (64,2 dB).

En la gráfica 10 se observa que al momento de apagarse la bomba el nivel de ruido más bajo presenta niveles similares a los obtenidos como ruido residual (figura 11), por tanto, a partir de la gráfica se puede decir que el funcionamiento de las bombas incrementa el nivel de ruido en aproximadamente 12 dB, es importante mencionar que este valor no corresponde a la emisión de ruido calculada de acuerdo a la Resolución 627 del 2006.

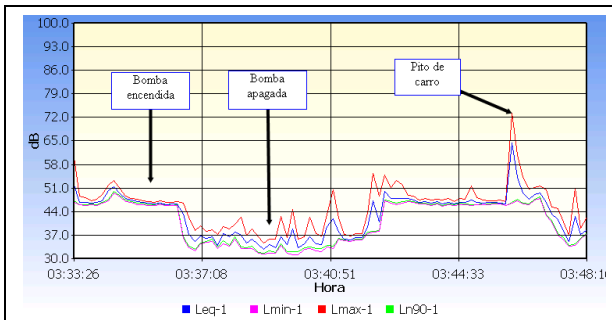


Figura 10. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 3

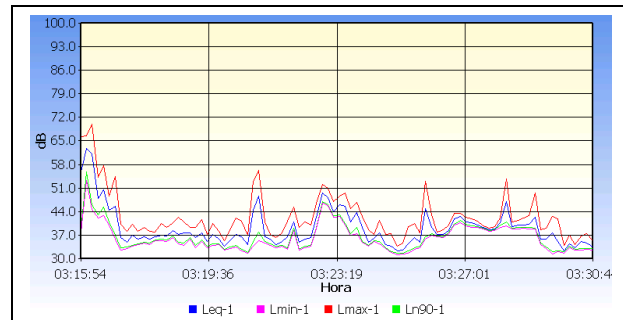


Figura 11. RUIDO RESIDUAL PUNTO 3

- **Ruido residual**

Con las bombas apagadas se puede observar que el ruido residual es bastante discontinuo con numerosos picos que corresponde a todo el ruido que se emite por diferentes fuentes como la nevera, el teléfono, el sonido de cajones al cerrarse y el ruido de la calle. El ruido presentado alcanza un nivel L_{EQ} de 47 dB, el nivel L_{90} presentado fue de 33,3 dB.

3.8.14 Corrección de niveles de ruido (punto 3).

La memoria de cálculo de la corrección de los niveles de ruido se puede observar en el anexo 3, la corrección de ruido se dio por tonalidad, de tal forma que para el ruido de la fuente los tercios de octava correspondientes a 25 Hz, 400 Hz, 2 KHz y 8 KHz presentan componentes tonales netos. Para el caso del ruido residual los tercios de octava correspondientes a 1,6 KHz y 2 KHz presentan componentes tonales netos y el tercio de 3,15 KHz presenta componentes tonales fuertes.

Igualmente se presentó la corrección por impulsos pues el LEQ determinado por (I) impulsos dio mayor que el medido por S (Slow) en una magnitud de 7,3 para la fuente y de 7,2 para el ruido residual

Las demás correcciones por horarios, o por frecuencias bajas en instalaciones de ventilación o climatización no dieron valores para corrección.

Tabla 10. Corrección de niveles de ruido punto 3.

CORRECCIÓN				
	Impulso	Tono	Hora	Bajas frecuencias
VARIABLE	K_I	K_T	K_R	K_S
FUENTE	6	3	0	0
RESIDUAL	6	6	0	0

NIVELES CORREGIDOS				
	Ruido de la Fuente		Ruido Residual	
NIVEL	Registro del sonómetro	Registro corregido	Registro del sonómetro	Registro corregido
Leq	48.1	54.1	47	53.0
L90	34	40.0	33.3	39.3
Leq_{emisión}	47,6			

3.8.15 Emisión de ruido (punto 3).

Al calcular la emisión de ruido producido por la fuente, de acuerdo con la Resolución 627 del 2006 da como resultado que la emisión de ruido o el aporte de ruido producido por las bombas hidroneumáticas presenta un nivel de 47,6 dB, el cual se encuentra dentro de los límites normativos tanto diurnos como nocturnos.

Debido a que existe una incertidumbre generada por el constante apagado y encendido de los motores, se puede decir que la emisión neta de ruido generado por las bombas hidroneumáticas se encuentra entre los 10 dB y 12 dB

Al comparar los niveles tanto de ruido de la Fuente como de ruido Residual, la diferencia es de 1,1 dB, por lo que se puede decir que el ruido de las bombas

hidroneumáticas resulta casi imperceptible de no ser por el comportamiento en su generación (ver figuras 10 y 11).

3.8.16 Variabilidad en la fuente (punto 3).

- **Ruido de la Fuente**

En este punto el nivel de L_{EQ} es de 54,1 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 40 dB, la diferencia de 14,1 dB entre estos dos da la idea de que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando nuevamente pulsos de mayor intensidad de manera irregular en el tiempo, los cuales corresponden tanto al proceso de encendido y apagado de los motores como a los ruidos percibidos dentro y fuera del apartamento.

Se observa también que el nivel mínimo registrado (31 dB) presenta una diferencia de 3 dB con el nivel registrado de L_{90} , por lo que se asume que el ruido de fondo es muy cercano al mínimo posible en este punto.

- **Ruido Residual.**

En la medición del ruido residual (con la bomba apagada) se presentó un nivel de L_{EQ} de 53 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 39,3 dB, la diferencia de 13,7 dB entre estos dos indica que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando pulsos de variada intensidad, tal como se observa en la figura 11.

Se observa también que el nivel mínimo registrado (31,1 dB) presenta una diferencia de 2,2 dB con el nivel registrado (sin corregir) de L_{90} , por lo que el ruido de fondo percibido es cercano al mínimo posible.

3.8.17 Aporte de ruido (punto 3).

- **Ruido de la Fuente**

En la figura 12 se observa que existen dos picos de ruido, en donde la de mayor porcentaje de aporte de ruido está dada por la de 46 dB con una ocurrencia del 27,9% seguida del nivel de 47 dB con una ocurrencia del 12,1%, estas corresponden al sonido producido por las bombas.

En la parte izquierda de la gráfica se observa el aporte de ruido que tiene el ruido residual, el cual tiene numerosos niveles de ruido, pero que su aporte es escaso, cuyo pico máximo tiene una ocurrencia de 7,4%, por lo que la mayoría del tiempo el ruido es proveniente del cuarto de bombas.

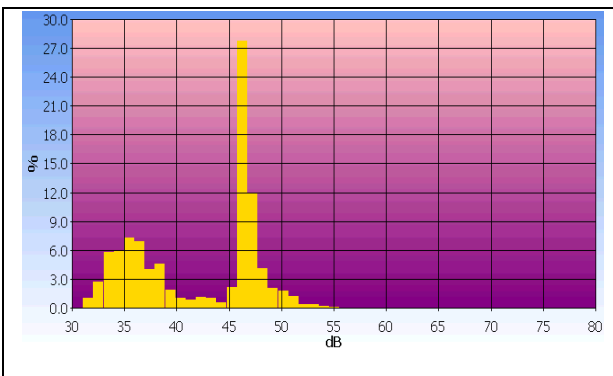


Figura 12. APOORTE DE RUIDO EN LA FUENTE PUNTO 3

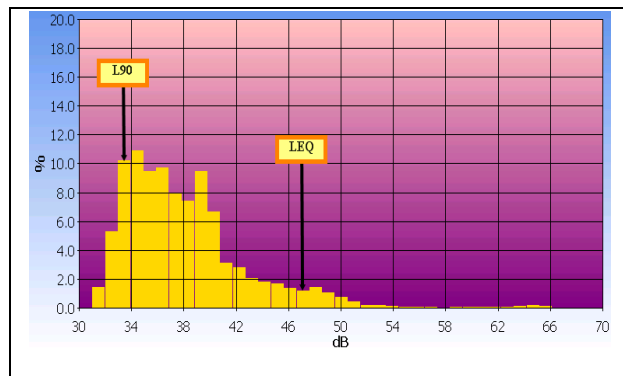


Figura 13. APOORTE DE RUIDO RESIDUAL PUNTO 3

- **Ruido Residual.**

En el ruido residual se perciben numerosos niveles de ruido, como se observa en la figura 13, de los cuales el de mayor presencia corresponde a los comprendidos entre los 33 dB y los 37 dB, con una presencia del 48,5 % del tiempo de monitoreo, cuyo origen resulta difícil de determinar, pues no corresponde a una fuente en particular.

Se observa que el mayor aporte de ruido se encuentra cercano al L90 más que al LEQ, por lo que existe una predominancia del ruido de fondo y que los picos de ruido son muy esporádicos.


3.8.18 Conclusión ruido en el apartamento 202 (punto 3).

El funcionamiento de las bombas hidroneumáticas produce en este sitio, un ruido de 54,1 dB, el ruido residual se calculo en 53 dB y la emisión de ruido resultó ser de 47,6 dB. La emisión de ruido neto por parte de estas bombas se encuentra entre los 10 y los 14,212 dB.

Al comparar estos niveles de ruido con los niveles generados dentro del cuarto de bombas se puede decir que al interior del apartamento se reduce el ruido en 39,4 dB. De igual manera se estima que la emisión de ruido por parte de las bombas pasa de 93,48 dB a 47,6 dB, es decir una reducción de 45,8 dB

La diferencia entre el ruido generado por la fuente y el ruido residual es menor a 3 dB, por lo que se puede decir que el nivel de ruido de emisión es inferior o igual al ruido residual, por tanto, su percepción y diferenciación resulta difícil.

Los niveles de ruido cuando las bombas están funcionando en este punto no exceden los límites normativos de ruido diurno ni los límites de ruido nocturno, sin embargo, teniendo en cuenta que durante la noche se hace una corrección de ruido de 10 dB y a que el límite normativo de ruido en la noche es de 55 dB, estos niveles de ruido se deben incrementar y por tanto, es probable que durante la noche se superen los límites normativos, por lo que se hace necesario adelantar acciones para aislar de mejor manera el cuarto de bombas.

INTERIOR DEL APARTAMENTO 301 TORRE 1		
	Fecha de medición	Septiembre 4 de 2008
	Hora de Inicio	3:15 p.m.
	Hora de finalización	3:48 p.m.
	Responsable	SIGMA HSEQ LTDA
	LOCALIZACIÓN	
		Al interior del apartamento 202
CARACTERISTICAS DEL ÁREA		
La medición se realizó a un metro de la puerta, se destaca que en el apartamento no existían fuentes de ruido como televisores o radios, sin embargo, se percibían ruidos de la calle por tener las ventanas de la sala abierta.		
CARACTERISTICAS ENTRE LA FUENTE Y EL RECEPTOR		
Entre la fuente (bombas hidroneumáticas) y el receptor (sonómetro) se encuentran los muros y la puerta de acceso al apartamento.		
DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE GENERACIÓN DE RUIDO		
Con las bombas apagadas se presentan ruidos provenientes del teléfono, nevera y algunos sonidos provenientes de la calle como el paso de carros.		
Con las bombas encendidas, la fuente es el ruido de la bomba y algunos ruidos provenientes de la calle como pitos de carros.		

Fuente: SIGMA-HSEQ Ltda.

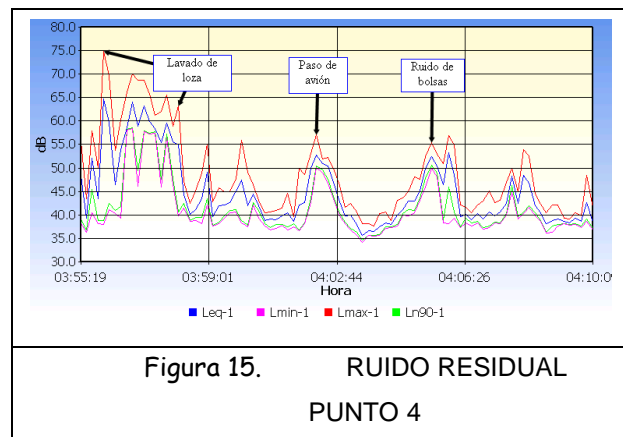
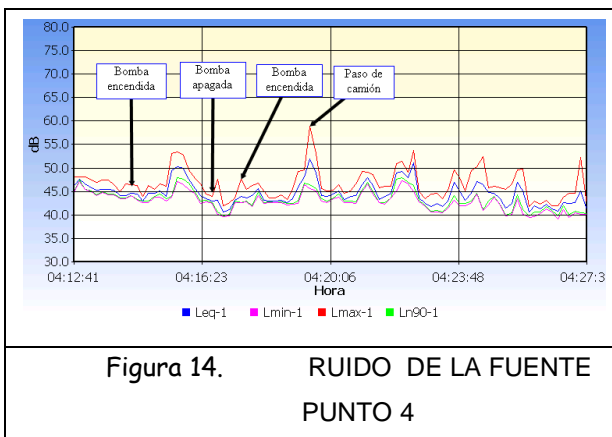
3.8.19 Reporte del sonómetro (punto 4).

- **Ruido de la fuente**

En la figura 14 se puede observar que el funcionamiento de la bomba hidroneumática y los ciclos de apagado y encendido no se pueden diferenciar de manera clara, en este punto se presentó un nivel de ruido L_{EQ} alrededor de 45,3 dB. y un nivel de L_{90} de 41,2 dB

Se perciben con mayor intensidad los ruidos provenientes de la calle, como ocurrió por el paso de un camión, el cual registró un pico de 51,8 dB.

No se puede estimar a partir de la gráfica el nivel de ruido que aporta al bomba al encenderse.



- **Ruido residual**

Con las bombas apagadas se puede observar que el ruido residual es bastante discontinuo con numerosos picos que corresponde sobre todo a ruido ocurridos al interior del apartamento como lo fue el lavado de loza y el sonido de bolsas de plástico. El ruido presentado alcanza un nivel L_{EQ} de 52,5 dB, el nivel L_{90} presentado fue de 37,8 dB.

3.8.20 Corrección de niveles de ruido (punto 4).

La memoria de cálculo de la corrección de los niveles de ruido se puede observar en el anexo 3, la corrección de ruido en la fuente se dio por tonalidad, de tal forma que el tercio de octava correspondiente a 40 Hz, presenta componentes tonales fuertes.

Para el caso del ruido residual se realizaron correcciones por tonalidad por cuanto los tercios de octava correspondientes a 40 Hz, 800 Hz, 1,25 KHZ y 2,50 KHz presentan componentes tonales netos.

Igualmente para el ruido residual se presentó la corrección por impulsos pues el LEQ determinado por (I) impulsos dio mayor que el medido por S (Slow) en una magnitud de 8,2.

Las demás correcciones por horarios, o por frecuencias bajas en instalaciones de ventilación o climatización no dieron valores para corrección.

Tabla 11. Corrección de niveles de ruido punto 4.

CORRECCIÓN				
	Impulso	Tono	Hora	Bajas frecuencias
VARIABLE	K_I	K_T	K_R	K_S
FUENTE	0	6	0	0
RESIDUAL	6	3	0	0
NIVELES CORREGIDOS				
	Ruido de la Fuente		Ruido Residual	
NIVEL	Registro del sonómetro	Registro corregido	Registro del sonómetro	Registro corregido
Leq	45.3	51.3	52.5	58.5
L90	41.2	47.2	37.8	43.8
Leq_{emisión}	Emisión de la fuente menor			

3.8.21 Emisión de ruido (punto 4).

Al calcular la emisión de ruido producido por la fuente, de acuerdo con la Resolución 627 del 2006 da como resultado que la emisión de ruido o el aporte de ruido producido por las bombas hidroneumáticas presenta un nivel de ruido menor (51,3 dB) frente al

ruido residual (58,5), por tanto en este punto, en el periodo diurno, el ruido de las bombas está por debajo de los ruidos producidos en el apartamento.

Por lo anterior no se puede determinar un aumento de los niveles de ruido producidos por las bombas.

Los niveles de emisión de ruido percibidas en el apartamento con las bombas encendidas se encuentran por debajo de los límites normativos de las bombas, en este punto se puede decir que en el periodo nocturno es poco probable que se superen los límites normativos, pues asumiendo que se realice la corrección de 10 dB, el nivel de ruido quedaría en 55 dB, sumado a esto se debe recordar que las bombas en operación normal solo funcionan 6 minutos en los periodos de gran consumo de agua.

3.8.22 Variabilidad en la fuente (punto 4).

- **Ruido de la Fuente**

En este punto el nivel de L_{EQ} es de 51,3 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 47,2 dB, la diferencia de 4,1 dB entre estos dos da la idea de que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando nuevamente pulsos de mayor intensidad de manera irregular en el tiempo, los cuales corresponden principalmente a ruido producidos al interior del apartamento y a sonidos provenientes de la calle.

Se observa también que el nivel mínimo registrado (39 dB) presenta una diferencia de 2,2 dB con el nivel registrado de L_{90} , por lo que se asume que el ruido de fondo es muy cercano al mínimo posible en este punto.

- **Ruido Residual.**

En la medición del ruido residual (con la bomba apagada) se presentó un nivel de L_{EQ} de 58,5 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 43,8 dB, la diferencia de 14,7 dB entre estos dos indica que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando pulsos de variada intensidad, tal como se observa en la figura 15.

Se observa también que el nivel mínimo registrado (34,1 dB) presenta una diferencia de 3,7 dB con el nivel registrado (sin corregir) de L_{90} , por lo que el ruido de fondo percibido es cercano al mínimo posible.

3.8.23 Aporte de ruido (punto 4).

- **Ruido de la Fuente**

En la figura 16 se observa que a diferencia de los anteriores puntos no se puede diferenciar el ruido producido por la bombas, encontrando numerosas fuentes de variada intensidad, el nivel de ruido con mayor presencia en el monitoreo fue el de 43 dB presente el 18,5% del tiempo de monitoreo, asumiendo que este sea el producido por la bombas, aún en periodo nocturno, con la debida corrección, su valor sería de 53 dB, lo cual está dentro de la norma.

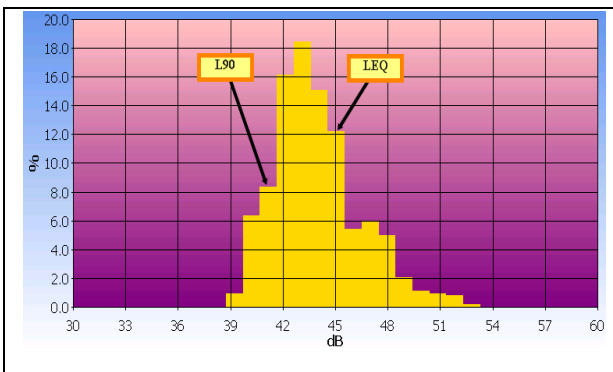


Figura 16. APOORTE DE RUIDO EN

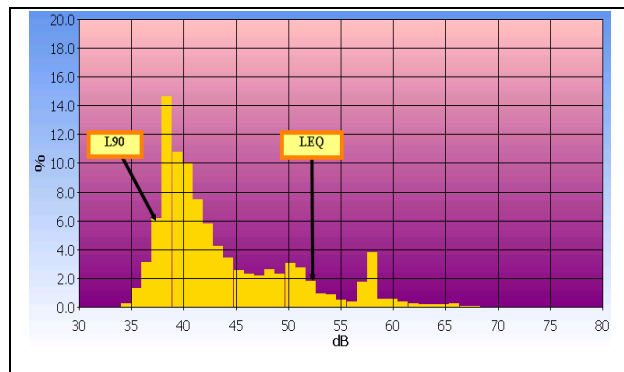


Figura 17. APOORTE DE RUIDO

LA FUENTE PUNTO 4

RESIDUAL PUNTO 4

- **Ruido Residual.**

En el ruido residual se perciben aún más niveles de ruido, debido a que en este periodo de tiempo se realizaron más labores domésticas dentro del apartamento, como el lavado de loza el cual produce numerosos ruidos, se observa que el nivel de ruido más frecuente fue el de 38 dB con una presencia del 14,7% del tiempo de muestreo y muy cercano al ruido de fondo L90. Se observa que la mayoría de ruidos percibidos se encuentran cercanos al ruido de fondo, es decir que los pulsos de mayor intensidad son esporádicos en el tiempo.


3.8.24 Conclusión ruido en el apartamento 301 (punto 4).

El funcionamiento de las bombas hidroneumáticas no es diferenciable en este apartamento durante el periodo diurno, teniendo como resultado que las actividades cotidianas en el apartamento son más altas que el ruido emitido por las bombas.

La diferencia entre el ruido generado por la fuente y el ruido residual es menor a 3 dB, por lo que se puede decir que el nivel de ruido de emisión es inferior o igual al ruido residual, por tanto, su percepción y diferenciación resulta difícil.

Los niveles de ruido cuando las bombas están funcionando en este punto no exceden los límites normativos de ruido diurno ni los límites de ruido nocturno, en este punto se espera que en el periodo nocturno la emisión de las bombas aún siga por debajo de los límites normativos de 55 dB, pues los registro del sonómetro ajustado en 10 dB, están alrededor de los 55 dB.

3.9 RESULTADOS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO TORRE 3

DENTRO DE CUARTO DE BOMBAS TORRE 3		
	Fecha de medición	Septiembre 5 de 2008
	Hora de Inicio	8:44 a.m.
	Hora de finalización	9:17 a.m.
	Responsable	SIGMA HSEQ LTDA
	LOCALIZACIÓN	
Dentro del cuarto de Bombas de la Torre 3		
CARACTERISTICAS DEL ÁREA		
La medición se realizó dentro del cuarto de bombas con la puerta que da al exterior del cuarto cerrada.		
CARACTERISTICAS ENTRE LA FUENTE Y EL RECEPTOR		
No se presentan estructuras entre las fuentes generadoras de ruido y el receptor (sonómetro). El sonómetro se ubicó aproximadamente 1 metro de las bombas dentro del cuarto.		
DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE GENERACIÓN DE RUIDO		
Dentro del cuarto no se perciben ruidos exteriores, por cuanto la puerta cerrada los disminuye de manera sustancial		

Fuente: SIGMA-HSEQ Ltda.

3.9.1 Reporte del sonómetro (punto 5).

- **Ruido de la fuente**

En la figura 18 se puede observar que el funcionamiento de la bomba hidroneumática presenta un ruido bastante uniforme, con una duración de aproximadamente 6 minutos, teniendo un nivel de ruido que va entre los 88 dB y los 91 dB, teniendo en total un nivel de ruido equivalente de 88,2 dB.

Se registró un nivel L_{90} de 69,2 dB, el cual dista mucho del nivel L_{EQ} , por lo que existen pulsos de ruido, lo cual es producido por el proceso de apagado y encendido de la bomba.

En la gráfica se observa que al momento de apagarse la bomba el nivel de ruido es el mismo que se observa como ruido residual (figura 19), por tanto el funcionamiento de las bombas incrementa el nivel de ruido en aproximadamente 61 dB.

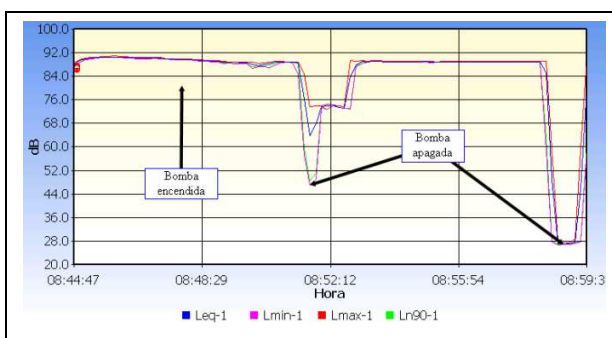


Figura 18. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 5

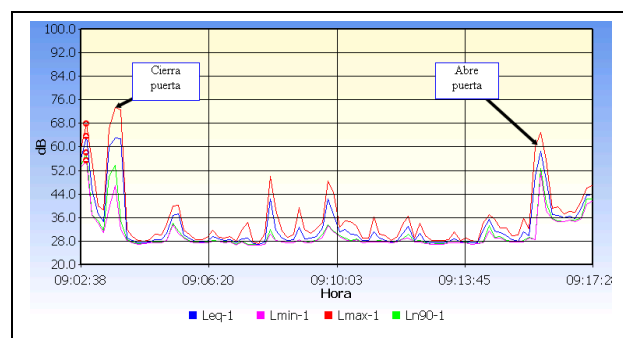


Figura 19. RUIDO RESIDUAL PUNTO 5

- **Ruido residual**

Con las bombas apagadas se puede observar que el ruido residual es bastante discontinuo, con varios picos y se perciben sonidos del exterior, los cuales no se pueden determinar con exactitud. Los mayores picos corresponden al momento en que se cierra y abre la puerta del cuarto de bombas.

El ruido presentado alcanza un nivel L_{EQ} de 49,7 dB, en donde no se identifica con claridad su origen, el nivel L_{90} presentado fue de 47,9 dB.

3.9.2 Corrección de niveles de ruido (punto 5).

La memoria de cálculo de la corrección de los niveles de ruido se puede observar en el anexo 3, la corrección de ruido para la fuente se dio por tonalidad en la cual el tercio de octava correspondiente a 1,6KHz presenta componentes tonales fuertes.

Igualmente para el ruido residual se presentó la corrección por impulsos pues el LEQ determinado por (I) impulsos dio mayor que el medido por S (Slow) en una magnitud de 9,8 dB.

No hubo corrección por componentes horarios, ni por frecuencias bajas en instalaciones de ventilación o climatización.

Tabla 12. Corrección de niveles de ruido punto 5.

CORRECCION				
	Impulso	Tono	Hora	Bajas frecuencias
VARIABLE	K_I	K_T	K_R	K_S
FUENTE	0	6	0	0
RESIDUAL	6	0	0	0

NIVELES CORREGIDOS				
	Ruido de la Fuente		Ruido Residual	
NIVEL	Registro del sonómetro	Registro corregido	Registro del sonómetro	Registro corregido
Leq	88.2	94.2	49.7	55.7
L90	69.2	75.2	27.4	33.4
Leq_{emisión}	94.20			

3.9.3 Emisión de ruido (punto 5).

Al calcular la emisión de ruido producido por la fuente, de acuerdo con la Resolución 627 del 2006 da como resultado que la emisión de ruido o el aporte de ruido producido por las bombas hidroneumáticas presenta un nivel de 94,2 dB, lo cual supera los límites normativos tanto diurnos como nocturnos

Debido a que existe una incertidumbre generada por el constante apagado y encendido de los motores, se puede decir que la emisión neta de ruido generado por las bombas hidroneumáticas se encuentra entre los 25 dB y los 61 dB.

Al comparar los niveles tanto de ruido de la Fuente como de ruido Residual, la diferencia es de 38,5 dB, por tanto existe una gran diferencia en la generación de ruido entre los momentos en que está encendida la bomba y cuando está apagada.

3.9.4 Variabilidad en la fuente (punto 5).

- **Ruido de la Fuente**

El nivel de L_{EQ} es de 94,2 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 75,2dB, la diferencia de 19 dB entre estos dos da la idea de que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando pulsos de mayor intensidad en el tiempo, los cuales corresponden al proceso de encendido y apagado de las bombas hidroneumáticas.

Se observa también que el nivel mínimo (26,6 dB) presenta una diferencia de 42,6 dB con el nivel de L_{90} , por lo que se asume que existe un ruido adicional al mínimo posible, el cual no se pudo identificar plenamente en campo.

- **Ruido Residual.**

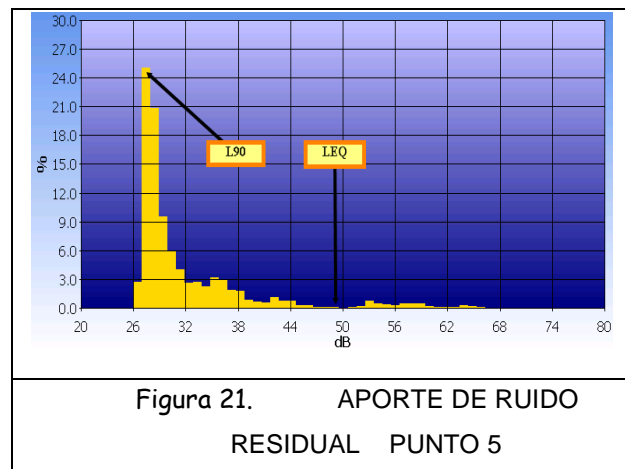
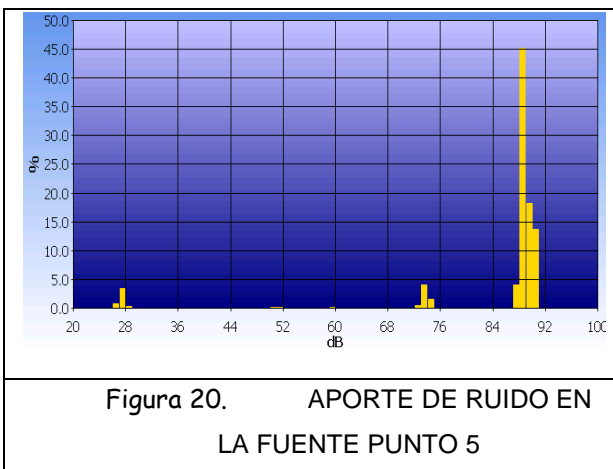
En la medición del ruido residual (con la bomba apagada) se presentó un nivel de L_{EQ} de 55,7 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 33,4, la diferencia de 22,3 dB entre estos dos indica que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo y presenta pulsos de diversa intensidad.

Se observa también que el nivel mínimo presenta una diferencia de 0,9 dB con el nivel de L_{90} , por lo que el ruido percibido es prácticamente el mínimo posible.

3.9.5 Aporte de ruido (punto 5).

- **Ruido de la Fuente**

En la figura 20 se observa que existen tres picos, los más bajos corresponden al momento de apagado de las bombas, el principal corresponde a una fuente específicas, es decir que no hay niveles de ruido intermedios. El rango de niveles de ruido que más ocurren son los comprendidos entre los 88 dB y 90 dB, con una ocurrencia del 77,5% del total del tiempo de muestreo, tiempo en el cual las bombas hidroneumáticas estuvieron en funcionamiento. Es decir que el ruido predominante es el de las bombas



- **Ruido Residual.**

En el ruido residual se perciben numerosos niveles de ruido, se observa en la figura 21 que los niveles con mayor presencia son los 27 dB y 28 dB, los cuales ocurren en el 25,1% y el 21% del tiempo de monitoreo respectivamente. Se puede notar que los ruidos más frecuentes se encuentran iguales o cercanos al L90, por tanto, el ruido que se percibe con mayor frecuencia es el ruido de fondo y los demás ruidos son pulsos de mayor intensidad pero dispersos en el tiempo.


3.9.6 Conclusión cuarto de bombas Torre 3 (punto 5).

El funcionamiento de las bombas hidroneumáticas produce un nivel de ruido LEQ de 94.2 dB, el ruido residual se calculo en 55,7 dB. la emisión de ruido se calculó en 94,2 dB

El incremento de ruido neto por parte de estas bombas calculada a partir del registro del sonómetro puede estar entre los se encuentra entre los 25 dB y los 61 dB.

Aparentemente dentro del cuarto de máquinas se filtran ruidos del exterior, pues existe la ocurrencia de picos de diferente intensidad cuando las bombas no están funcionando, por tanto parece adecuado mejorar la insonorización del mismo.

Los niveles de ruido cuando las bombas están funcionando en este punto exceden los límites normativos de ruido diurno en 29,2 dB, mientras que los niveles de ruido en este punto cuando las bombas no se encuentran prendidas se encuentran por debajo de los límites normativos diurnos y exceden la norma nocturna en 0,7 dB.

FUERA DEL CUARTO DE BOMBAS TORRE 3													
	<table border="1"> <tr> <td style="background-color: #fff3cd;">Fecha de medición</td> <td>Septiembre 5 de 2008</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #fff3cd;">Hora de Inicio</td> <td>9:19 a.m.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #fff3cd;">Hora de finalización</td> <td>9:52 a.m.</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #fff3cd;">Responsable</td> <td>SIGMA HSEQ LTDA</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: #fff3cd; text-align: center;">LOCALIZACIÓN</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Por fuera del cuarto de Bombas</td> </tr> </table>	Fecha de medición	Septiembre 5 de 2008	Hora de Inicio	9:19 a.m.	Hora de finalización	9:52 a.m.	Responsable	SIGMA HSEQ LTDA	LOCALIZACIÓN		Por fuera del cuarto de Bombas	
	Fecha de medición	Septiembre 5 de 2008											
	Hora de Inicio	9:19 a.m.											
	Hora de finalización	9:52 a.m.											
	Responsable	SIGMA HSEQ LTDA											
LOCALIZACIÓN													
Por fuera del cuarto de Bombas													
CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA													
La medición se realizó a 1,5 metros del cuarto de bombas con la puerta que da al exterior del cuarto cerrada.													
CARACTERÍSTICAS ENTRE LA FUENTE Y EL RECEPTOR													
Entre la fuente y el receptor se encuentra la puerta de acceso al cuarto de bombas hidroneumáticas y la pared cuyo material es Dry Wall.													
DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE GENERACIÓN DE RUIDO													
<p>Con las bombas apagadas se presentan ruidos provenientes del exterior del cuarto, aunque resulta difícil establecer su origen, es probable que sea el paso de personas y la apertura de las puertas de los apartamentos vecinos.</p> <p>Con las bombas encendidas, la fuente es el ruido de la bomba. Cuando se apagan las bombas, el proceso de llenado manual exige la apertura de llaves, las cuales se convierten en fuente de ruido por el paso de agua a presión y este se hace con la puerta abierta. Este procedimiento se realizó para tomar los niveles de ruido.</p>													

Fuente: SIGMA-HSEQ Ltda.

3.9.7 Reporte del sonómetro (punto 6).

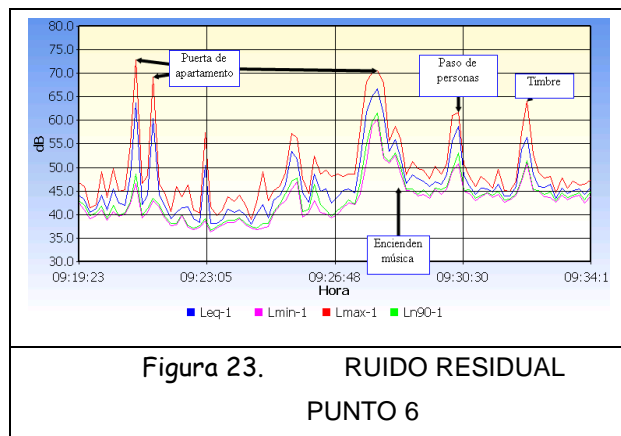
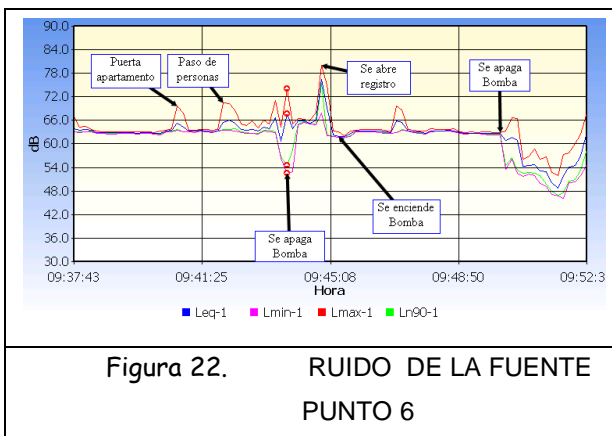
- **Ruido de la fuente**

El nivel de ruido L_{EQ} medido por el sonómetro es de 64 dB, mientras que el percentil L_{90} fue de 55 dB

En la figura 22 se puede observar que el funcionamiento de la bomba hidroneumática presenta un ruido bastante uniforme, con una duración de aproximada de 6 minutos y un nivel de ruido L_{EQ} alrededor de los 63 dB. En la mitad del monitoreo se apaga la bomba y se observa que al abrir el registro ocurre un pico de 76 dB, debido a que este proceso se tiene que efectuar con la puerta abierta por el área tan pequeña del cuarto de bombas, es importante aclarar que este evento no sucede normalmente pues la puerta se encuentra siempre cerrada y resulta en un factor de incertidumbre para el muestreo, lo cual se realiza para efectos de la medición de ruido.

Con la bomba encendida se alcanzan a registrar algunos eventos como el cierre de puertas de apartamentos ubicados en el segundo y tercer piso, así como el paso de personas para salir del edificio.

En la gráfica se observa que al momento de apagarse la bomba el nivel de ruido más bajo alcanza niveles similares a los obtenidos como ruido residual (figura 23), de tal forma que el funcionamiento de las bombas incrementa el nivel de ruido en aproximadamente 15 dB.



- **Ruido residual**

Con las bombas apagadas se puede observar que el ruido residual es bastante discontinuo con numerosos picos que corresponde a todo el ruido que se emite por diferentes fuentes como el ruido producido al abrir o cerrar las puertas de los apartamentos, el paso de personas o los timbres de los apartamentos. El ruido medido por el sonómetro alcanza un nivel L_{EQ} de 53,3 dB, mientras que el nivel L_{90} presentado fue de 39,3 dB.

Se observa que el nivel mínimo presentó un incremento importante al momento en que dentro de uno de los apartamentos vecinos se encendió un radio.

3.9.8 Corrección de niveles de ruido (punto 6).

La memoria de cálculo de la corrección de los niveles de ruido se puede observar en el anexo 3, la corrección de ruido se dio por tonalidad tanto en la determinación del ruido de la fuente como en el ruido residual, en ambos casos el tercio de octava correspondiente a 160 Hz presenta componentes tonales netos.

Además de lo anterior el ruido residual tuvo correcciones por Impulso, por cuanto el L_{EQ} determinado por (I) impulsos dio mayor que el medido por S (Slow) en una magnitud de 6,4 dB.

Las demás correcciones por componentes impulsivos, horarios, o por frecuencias bajas en instalaciones de ventilación o climatización no dieron valores para corrección.

Tabla 13. Corrección de niveles de ruido punto 6.

CORRECCIÓN				
	Impulso	Tono	Hora	Bajas frecuencias
VARIABLE	K_I	K_T	K_R	K_S
FUENTE	0	3	0	0
RESIDUAL	6	3	0	0
NIVELES CORREGIDOS				
	Ruido de la Fuente		Ruido Residual	
NIVEL	Registro del sonómetro	Registro corregido	Registro del sonómetro	Registro corregido
Leq	64	67	53.3	59.3
L90	55	61.0	39.3	45.3
Leq_{emisión}	66.19			

3.9.9 Emisión de ruido (punto 6).

Al calcular la emisión de ruido producido por la fuente, de acuerdo con la Resolución 627 del 2006 da como resultado que la emisión de ruido o el aporte de ruido producido por las bombas hidroneumáticas presenta un nivel de 66,19 dB, el cual, se encuentra por encima de los normativos diurnos y nocturnos.

Debido a que existe una incertidumbre generada por el constante apagado y encendido de los motores, se puede decir que la emisión neta de ruido generado por las bombas hidroneumáticas se encuentra cercano a los 15 dB (ver figura 22)

Al comparar los niveles corregidos tanto de ruido de la Fuente como de ruido Residual, la diferencia es de 7,7 dB, por lo tanto, se perciben diferencias de ruido, al momento de encender dichas bombas.

3.9.10 Variabilidad en la fuente (punto 6).

- **Ruido de la Fuente**

En este punto el nivel de L_{EQ} es de 67,0 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 61,0, la diferencia de 6,0 dB entre estos dos da la idea de que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando pulsos de mayor intensidad de manera irregular en el tiempo, los cuales corresponden principalmente al proceso de encendido y apagado de las bombas hidroneumáticas, así como a otros ruidos como la apertura de las puertas de los apartamentos vecinos.

Se observa también que el nivel mínimo registrado del sonómetro presenta una diferencia de 8,9 dB con el nivel de L_{90} , por lo que se asume que existe un ruido adicional al mínimo posible, el cual corresponde a los ruidos producidos por la apertura de puertas y el paso de personas saliendo del edificio.

- **Ruido Residual.**

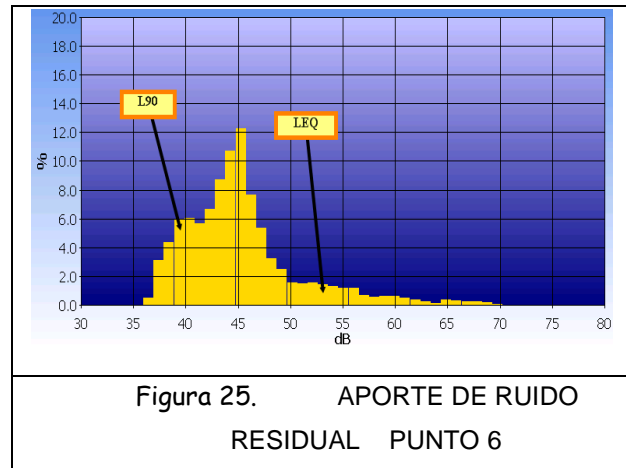
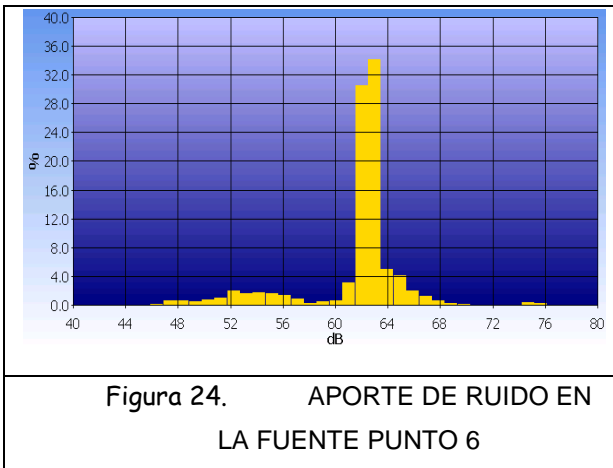
En la medición del ruido residual (con la bomba apagada) se presentó un nivel de L_{EQ} de 59,3 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 45,3 dB, la diferencia de 14 dB entre estos dos indica que el ruido que se percibe en este punto tampoco es de tipo continuo, presentando pulsos de variada intensidad, tal como se observa en la figura 23.

Se observa también que el nivel mínimo registrado (36,2 dB) presenta una diferencia de 3,1 dB con el nivel registrado (sin corregir) de L_{90} , por lo que el ruido percibido es cercano al mínimo posible.

3.9.11 Aporte de ruido (punto 6).

- **Ruido de la Fuente**

En la figura 24 se observa que existen predomina de manera importante los niveles de ruido de 62 dB y 63 dB con una ocurrencia del 30,7% y 34,3% del tiempo de monitoreo respectivamente. Se observa que el nivel L_{EQ} se encuentra cercano a este nivel de ruido.



- **Ruido Residual.**

En el ruido residual se perciben numerosos ruidos, como se observa en la figura 25, de los cuales el de mayor presencia corresponde a los comprendidos entre los 43 dB y los 47 dB, con una presencia del 39,6% del tiempo de monitoreo, cuyo origen resulta difícil de determinar, pues no corresponde a una fuente en particular.

3.9.12 Conclusión afuera del cuarto de bombas Torre 1 (punto 6).


El funcionamiento de las bombas hidroneumáticas produce en este sitio, que es una zona común, un ruido de 67 dB, el ruido residual se calculo en 59,3 dB, de tal manera

que la emisión de ruido neto por parte de estas bombas se encuentra entre los 8 y los 15 dB, estos últimos calculados a partir de la gráfica 22.

Al comparar estos niveles de ruido con los niveles generados dentro del cuarto de bombas se puede decir que el Dry Wall instalado como muro y la puerta de madera de acceso a esta área reducen el ruido generado en 27,2 dB. De igual manera se estima que la emisión de ruido por parte de las bombas pasa de 94,2 dB a 66,19 dB, es decir una reducción de 28 dB.

El incremento neto de ruido dentro del cuarto de bombas al entrar en funcionamiento fue de 61 dB, mientras que el mismo incremento por fuera del cuarto fue de 15 dB, es decir que presenta una reducción de 46 dB.

Los niveles de ruido cuando las bombas están funcionando en este punto exceden los límites normativos de ruido diurno y nocturno, máxime cuando en el periodo nocturno se hace una corrección de 10 dB, por lo que se hace necesario adelantar acciones para disminuir la propagación de ruido en esta zona.

INTERIOR DEL APARTAMENTO 102 TORRE 3		
	Fecha de medición	Septiembre 5 de 2008
	Hora de Inicio	9:55 a.m.
	Hora de finalización	10:27 a.m.
	Responsable	SIGMA HSEQ LTDA
	LOCALIZACIÓN	
Al interior del apartamento 102		
CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA		
La medición se realizó a 1,5 metros del muro que divide el apartamento 102 con el cuarto de bombas, se destaca que al interior del apartamento se realizaban actividades como cocinar, el juego de un niño y el sonido del televisor. La ventana de la sala se encontraba abierta.		
CARACTERÍSTICAS ENTRE LA FUENTE Y EL RECEPTOR		
Entre la fuente (bombas hidroneumáticas) y el receptor (sonómetro) se encuentran los muros comunes con el cuarto de bombas y la puerta de acceso al apartamento.		
DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE GENERACIÓN DE RUIDO		
Con las bombas apagadas se presentan ruidos provenientes del interior del apartamento como el televisor, la cocina y algunos ruidos provenientes de la calle. Con las bombas encendidas, la fuente es el ruido de la bomba y algunos ruidos provenientes al interior del apartamento como el llanto del niño y conversaciones.		

Fuente: SIGMA-HSEQ Ltda.

3.9.13 Reporte del sonómetro (punto 7).

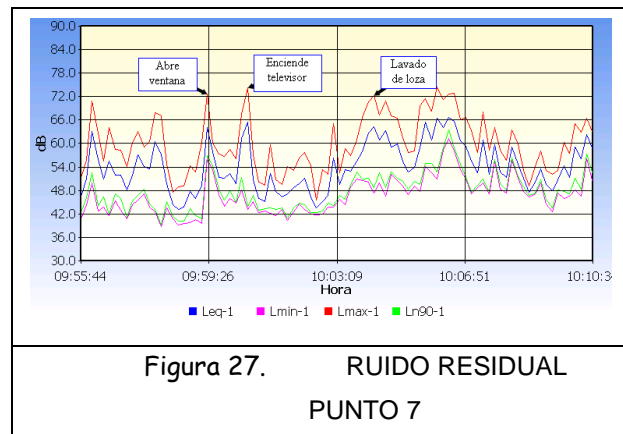
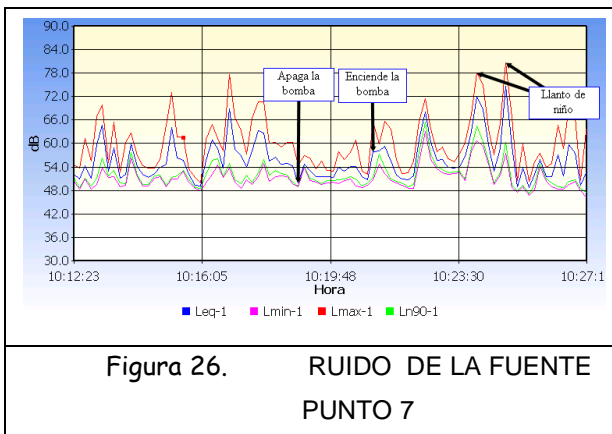
- **Ruido de la fuente**

En la figura 26 se puede observar nuevamente que existen numerosos picos los cuales corresponden a ruidos producidos dentro del apartamento y resulta difícil diferenciar de manera gráfica el ruido proveniente del cuarto de bombas. La única manera en que se puede diferenciar el funcionamiento de las bombas es observando que el piso de los

registros de la fuente (niveles de ruido mínimos en la figura 26), se encuentra un poco más arriba que el piso de niveles de ruido mínimos en la gráfica de ruido residual (gráfica 27)

Para el ruido de la fuente se registró un nivel de ruido LEQ de 60,7 dB y un percentil L90 de 49,7 dB

A partir de la gráfica obtenida no es posible obtener la magnitud del incremento que produce la bomba al encenderse, pues el registro se encuentra entremezclado con otros ruidos provenientes del interior y exterior del apartamento. Sin embargo si comparamos lo percentiles L90 se puede observar que con la fuente encendida se presenta un nivel de 49,7, mientras que con la fuente apagada (ruido residual) el percentil L90 fue de 43,9 dB, por tanto es factible que la bomba presente un incremento en el ruido de 6,2 dB.



- **Ruido residual**

Con las bombas apagadas se puede observar que el ruido residual es bastante discontinuo con numerosos picos que corresponde a todo el ruido que se emite por diferentes fuentes como el lavado de loza, el ruido del televisor y las conversaciones dentro del apartamento. El ruido presentado alcanza un nivel L_{EQ} de 58,2 dB, el nivel L_{90} presentado fue de 43,9 dB.

3.9.14 Corrección de niveles de ruido (punto 7).

La memoria de cálculo de la corrección de los niveles de ruido se puede observar en el anexo 3, la corrección de ruido en la fuente se dio tanto por tonalidad como por impulso, por tonalidad, se observó que el tercio de octava correspondientes a 1,6 KHz presentan componentes tonales netos. Igualmente se presentó la corrección por impulsos pues el LEQ determinado por (I) impulsos dio mayor que el medido por S (Slow) en una magnitud de 6,1 dB generando una percepción fuerte.

Para el caso del ruido residual no hubo correcciones por tonalidad pero si por Impulso, en donde el LEQ determinado por (I) impulsos dio mayor que el medido por S (Slow) en una magnitud de 9,4 dB generando una percepción fuerte.

Las demás correcciones por horarios, o por frecuencias bajas en instalaciones de ventilación o climatización no dieron valores para corrección.

Tabla 14. Corrección de niveles de ruido punto 7.

CORRECCIÓN				
	Impulso	Tono	Hora	Bajas frecuencias
VARIABLE	K_I	K_T	K_R	K_S
FUENTE	6	3	0	0
RESIDUAL	6	0	0	0
NIVELES CORREGIDOS				
	Ruido de la Fuente		Ruido Residual	
NIVEL	Registro del sonómetro	Registro corregido	Registro del sonómetro	Registro corregido
Leq	60.7	66.7	58.2	64.2
L90	49.7	55.7	43.9	49.9
Leq_{emisión}	63.11			

3.9.15 Emisión de ruido (punto 7).

Al calcular la emisión de ruido producido por la fuente, de acuerdo con la Resolución 627 del 2006 da como resultado que la emisión de ruido o el aporte de ruido producido por las bombas hidroneumáticas presenta un nivel de 63,11 dB, el cual se encuentra dentro de los límites normativos diurnos, pero excede los límites nocturnos.

A partir de los registros del sonómetro (figura 26) no fue posible establecer de manera aproximada el incremento de ruido que provoca el encendido de las bombas, la estimación de incremento de ruido se realizó comparando los niveles mínimos de la fuente y del ruido residual, en la cual parece haber un incremento de 6,2 dB como se mencionó con anterioridad.

Al comparar los niveles tanto de ruido de la Fuente como de ruido Residual, la diferencia es de 2,5 dB, por lo que se puede decir que el ruido de las bombas hidroneumáticas resulta casi imperceptible de no ser por las diferencias en los niveles mínimos entre el ruido de la fuente y el ruido residual (ver figuras 26 y 27).

3.9.16 Variabilidad en la fuente (punto 7).

- **Ruido de la Fuente**

En este punto el nivel de L_{EQ} es de 66,7 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 55,7 dB, la diferencia de 11 dB entre estos dos da la idea de que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando pulsos de mayor intensidad de manera irregular en el tiempo, los cuales corresponden mayoritariamente a los ruidos percibidos dentro y fuera del apartamento.

Se observa también que el nivel mínimo registrado (46,1 dB) presenta una diferencia de 3,6 dB con el nivel registrado de L_{90} , por lo que se asume que el ruido de fondo es muy cercano al mínimo posible en este punto.

- **Ruido Residual.**

En la medición del ruido residual (con la bomba apagada) se presentó un nivel de L_{EQ} de 64,2 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 49,9 dB, la diferencia de 14,3 dB entre estos dos indica que el ruido que se percibe en este punto tampoco es de tipo continuo, presentando pulsos de variada y mayor intensidad que con los pulsos encontrados en la fuente (bombas encendidas), tal como se observa en la figura 27.

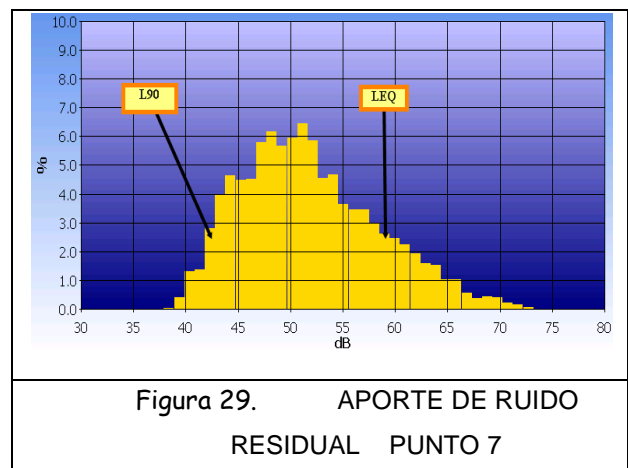
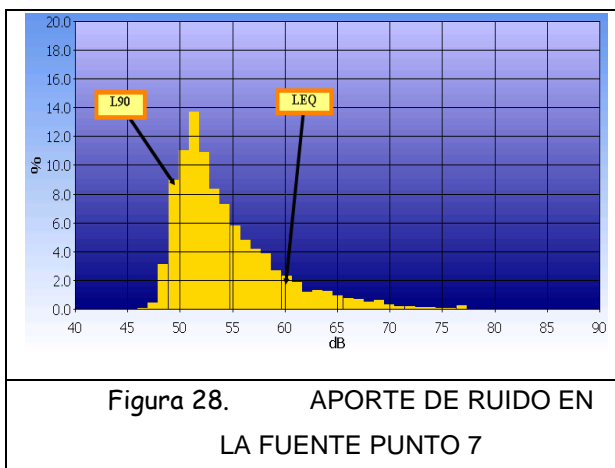
El nivel mínimo registrado (38,7 dB) presenta una diferencia de 5,2 dB con el nivel registrado (sin corregir) de L_{90} , por lo que el ruido de fondo percibido no es tan cercano al mínimo posible, encontrando que existen niveles de ruido que incrementan el percentil L_{90} y tienen una ocurrencia alta, en este caso este ruido puede ser provocado por el televisor.

3.9.17 Aporte de ruido (punto 7).

- **Ruido de la Fuente**

En la figura 28 se observa que existen numerosos niveles de ruido de diferentes intensidades, en donde los más frecuentes son los niveles comprendidos entre los 49 dB y 53 dB con una ocurrencia del 53,3%, en donde sobresale el 51 dB con el 13,8 % del total del tiempo de muestreo. No se puede determinar si el nivel de 51 dB provenga de la bomba o del sonido del televisor.

Se observa que los mayores niveles de ruido se encuentran más cerca del percentil L90 que del nivel de ruido LEQ, por lo que se entiende que la mayoría del tiempo se percibe el ruido de fondo.



- **Ruido Residual.**

En el ruido residual se perciben aún más niveles de ruido que los percibidos en el monitoreo de la fuente (bombas), producto de los sonidos del televisor, los niveles más frecuentes corresponden a los comprendidos entre los 47 dB y 52 dB, con una presencia del 36,1% del tiempo de monitoreo.

Se observa que el mayor aporte de ruido se encuentra entre los niveles del percentil L90 y el nivel LEQ, por lo que existe presenta un ruido intermedio entre estos dos, el cual puede ser el producido por el televisor encendido al interior del apartamento.

3.9.18 Conclusión ruido en el apartamento 102 (punto 7).


Durante el día el ruido producido por la bomba hidroneumática no se puede diferenciar claramente debido a que las actividades dentro del apartamento y en especial el sonido del televisor, ocultan el ruido proveniente del cuarto de bombas, sin embargo, se espera que durante la noche se perciba con mayor intensidad el ruido de las bombas.

El nivel de ruido corregido LEQ al interior del apartamentos con las bombas encendidas es de 66,7 dB y con las bombas apagadas es de 64,2 dB, debido a que la diferencia aritmética entre estos dos valores es menor de 3 dB hace que se considere al ruido de emisión inferior o igual al ruido residual, por tanto, su percepción y diferenciación resulta difícil

El aporte de ruido de las bombas al encenderse parece ser del orden de 6,2 dB, esto calculado a partir de la diferencia entre los percentiles L90 entre el ruido de la fuente y el ruido residual.

A pesar que los niveles de ruido tanto de la fuente como del ruido residual son muy similares, los niveles de ruido cuando las bombas están funcionando en este punto exceden los límites normativos de ruido diurno en 1,7 dB, por lo anterior se espera que durante la noche igualmente se superen estos niveles de ruido, máximo cuando a los niveles de ruido nocturno se hace una corrección de ruido de 10 dB y a que el límite normativo de ruido en la noche es de 55 dB, por tanto, se hace necesario adelantar acciones para aislar de mejor manera el cuarto de bombas.

Al examinar los sitios por los cuales entra el ruido en el apartamento, se observó que el ruido se percibe con mayor fuerza en los bordes de la puerta de entrada, mientras que en los muros comunes el ruido es bastante bajo, por tanto es recomendable aislar de mejor manera el cuarto de Bombas para que el ruido sea menor en el pasillo y por ende pase menos ruido al apartamento.

INTERIOR DEL APARTAMENTO 204 TORRE 3		
	Fecha de medición	Septiembre 5 de 2008
	Hora de Inicio	10:32 a.m.
	Hora de finalización	11:04 a.m.
	Responsable	SIGMA HSEQ LTDA
	LOCALIZACIÓN	
Al interior del apartamento 204		
CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA		
La medición se realizó a un 1,5 metros de la puerta de entrada, en el apartamento no existían fuentes de ruido como televisores o radios, sin embargo, se percibían ruidos de la calle por tener las ventanas de la sala abierta.		
CARACTERÍSTICAS ENTRE LA FUENTE Y EL RECEPTOR		
Entre la fuente (bombas hidroneumáticas) y el receptor (sonómetro) se encuentran los muros y la puerta de acceso al apartamento.		
DESCRIPCIÓN DE FUENTES DE GENERACIÓN DE RUIDO		
Con las bombas apagadas se presentan ruidos principalmente del exterior del apartamento, en especial de un gallo que canta. Con las bombas encendidas, la fuente es el ruido de la bomba y algunos ruidos del interior del apartamento como el lavado de loza.		

Fuente: SIGMA-HSEQ Ltda.

3.9.19 Reporte del sonómetro (punto 8).

- **Ruido de la fuente**

En la figura 30 se puede observar que el funcionamiento de la bomba hidroneumática y los ciclos de apagado y encendido no se pueden diferenciar de manera clara, en este punto se presentó un nivel de ruido L_{EQ} alrededor de 53 dB. y un nivel de L_{90} de 39,4 dB

Dentro del apartamento se realizaban labores de limpieza y se puede apreciar que se perciben con mucha mayor intensidad los sonidos producidos dentro del mismo como la caída de un frasco y el golpe seco de un cuadro contra la pared al ser limpiado

En el minuto 6 se apaga la bomba pero difícilmente se puede apreciar la reducción en el ruido generado, al tratar de determinar esta reducción de acuerdo a los niveles mínimos de ruido se observa que con las bombas encendidas el L_{MIN} fue de 45,4 dB y el ruido residual (bombas apagadas) fue de 45, 8 dB, es decir no existen diferencias significativas, por tanto se puede decir que no se puede percibir con claridad un aumento del ruido dentro del apartamento a causa del encendido de las bombas durante el periodo diurno.

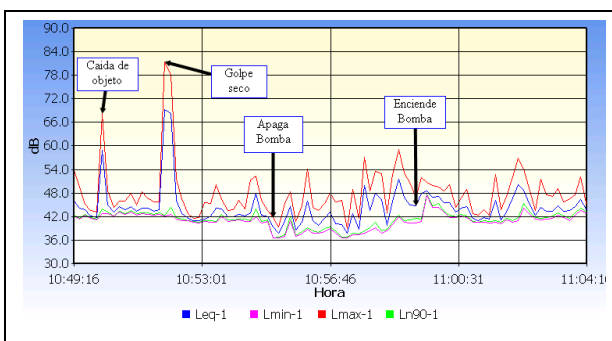


Figura 30. RUIDO DE LA FUENTE PUNTO 8

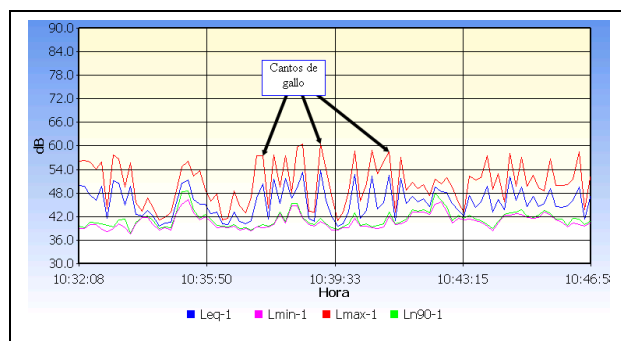


Figura 31. RUIDO RESIDUAL PUNTO 8

Debido a que durante el periodo nocturno se debe ajustar el nivel de ruido en 10 dB, es probable que la emisión de ruido alcance a superar los límites normativos.

- **Ruido residual**

Con las bombas apagadas se puede observar que el ruido residual es bastante discontinuo con numerosos picos que corresponde sobre todo a ruido ocasionado por el canto de un gallo en las casas que están ubicadas en la parte trasera del conjunto. El

ruido presentado alcanza un nivel L_{EQ} de 47,3 dB, el nivel L_{90} presentado fue de 39,8 dB.

3.9.20 Corrección de niveles de ruido (punto 8).

La memoria de cálculo de la corrección de los niveles de ruido se puede observar en el anexo 3, la corrección de ruido en la fuente se dio por tonalidad e impulsos, de tal forma que los tercios de octava correspondientes a 800 Hz y 1,6 KHz, presentan componentes tonales fuertes. Además, se presentó la corrección por impulsos pues el L_{EQ} determinado por (I) impulsos dio mayor que el medido por S (Slow) en una magnitud de 12,2, determinando una percepción fuerte.

Para el caso del ruido residual se realizaron correcciones por tonalidad por cuanto los tercios de octava correspondientes a 630 Hz y 1,25 KHz presentan componentes tonales fuertes. Igualmente, se presentó la corrección por impulsos pues el L_{EQ} determinado por (I) impulsos dio mayor que el medido por S (Slow) en una magnitud de 6,3, generando una percepción fuerte.

Las demás correcciones por horarios, o por frecuencias bajas en instalaciones de ventilación o climatización no dieron valores para corrección.

Tabla 15. Corrección de niveles de ruido punto 8.

CORRECCION				
	Impulso	Tono	Hora	Bajas frecuencias
VARIABLE	K_I	K_T	K_R	K_S
FUENTE	6	6	0	0
RESIDUAL	6	6	0	0
NIVELES CORREGIDOS				
	Ruido de la Fuente		Ruido Residual	

NIVEL	Registro del sonómetro	Registro corregido	Registro del sonómetro	Registro corregido
Leq	53.0	59.0	47.3	53.3
L90	39.4	45.4	39.8	45.8
Leq _{emisión}	57.64			

3.9.21 Emisión de ruido (punto 8).

Al calcular la emisión de ruido producido por la fuente, de acuerdo con la Resolución 627 del 2006 da como resultado que la emisión de ruido o el aporte de ruido producido por las bombas hidroneumáticas presenta un nivel de ruido de 57,6 dB, el cual se encuentra dentro de los límites normativos diurnos, pero excede los límites nocturnos.

A partir de los registros del sonómetro (figura 30) no fue posible establecer de manera aproximada el incremento de ruido que provoca el encendido de las bombas, la estimación de incremento de ruido se realizó comparando los niveles mínimos de la fuente y del ruido residual, pero presentan una diferencia de 0,4 dB, por tanto no existen diferencias significativas.

Al comparar los niveles tanto de ruido de la Fuente como de ruido Residual, la diferencia es de 5,7 dB, por lo que se puede decir que el ruido de las bombas hidroneumáticas incrementan el ruido como máximo en esta magnitud.

3.9.22 Variabilidad en la fuente (punto 8).

- **Ruido de la Fuente**

En este punto el nivel de L_{EQ} es de 59 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 45,4 dB, la diferencia de 13,6 dB entre estos dos da la idea de que el ruido que se percibe en este punto no es de tipo continuo, presentando gran cantidad de pulsos de mayor intensidad

de manera irregular en el tiempo, los cuales corresponden principalmente a ruido producidos al interior del apartamento y a sonidos provenientes de la calle.

Se observa también que el nivel mínimo registrado (36,4 dB) presenta una diferencia de 3 dB con el nivel registrado de L_{90} , por lo que se asume que el ruido de fondo es muy cercano al mínimo posible en este punto.

- **Ruido Residual.**

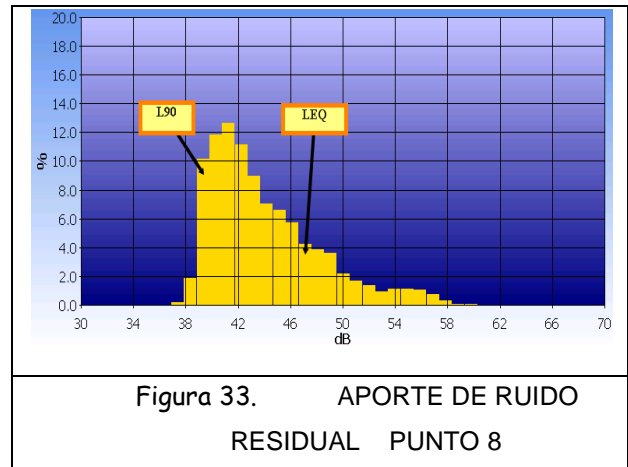
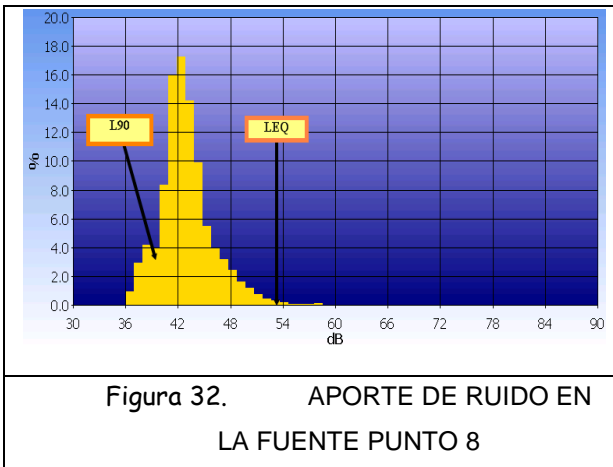
En la medición del ruido residual (con la bomba apagada) se presentó un nivel de L_{EQ} de 53,3 dB, mientras que el nivel L_{90} fue de 45,8 dB, la diferencia de 7,5 dB entre estos dos indica que el ruido que se percibe en este punto tampoco es de tipo continuo, aunque los pulsos presentado parecen de menor intensidad que los presentados con las bombas encendidas, tal como se observa en las figura 30 y 31.

Se observa también que el nivel mínimo registrado (37,4 dB) presenta una diferencia de 2,4 dB con el nivel registrado (sin corregir) de L_{90} , por lo que el ruido de fondo percibido es cercano al mínimo posible.

3.9.23 Aporte de ruido (punto 8).

- **Ruido de la Fuente**

En la figura 32 se observa que no se puede diferenciar el ruido producido por la bombas, encontrando varias fuentes de diferente intensidad, los niveles de ruido con mayor ocurrencia durante el monitoreo fueron aquellos comprendidos entre los 42 dB y 44 dB con una ocurrencia del 43,3% del tiempo de monitoreo.



- **Ruido Residual.**

En el ruido residual se perciben aún más niveles de ruido, debido a que en este periodo de tiempo se realizaron más labores domésticas dentro del apartamento, como el lavado de loza el cual produce numerosos ruidos, se observa que los niveles de ruido más frecuentes fueron aquellos comprendidos entre los 39 y 42 dB con una ocurrencia del 46% del tiempo de muestreo, es decir muy similar al registrado con las bombas funcionando e igualmente muy cercano al ruido de fondo L_{90} , es decir que los pulsos de mayor intensidad son esporádicos en el tiempo.

3.9.24 Conclusión ruido en el apartamento 204 (punto 8).

El funcionamiento de las bombas hidroneumáticas no es diferenciable en este apartamento durante el periodo diurno, teniendo como resultado que las actividades cotidianas en el apartamento enmascaran el ruido emitido por las bombas.

No se puede calcula a partir de las gráficas el incremento en ruido que produce el encendido de las bombas, de igual manera no se puedo calcular este incremento a partir de los niveles mínimos de ruido entre el ruido de la fuente y el ruido residual.

La diferencia entre el ruido generado por la fuente y el ruido residual es de 5,7 dB, por lo que se puede decir que como máximo el funcionamiento de las bombas incrementa el nivel de ruido en esta magnitud, sin embargo, esta diferencia parece estar más relacionada con los picos altos que ocurrieron en el apartamento como fue la caída de un objeto y el golpe seco de un cuadro sobre la pared, pues descartando estos dos eventos, no se observan diferencias significativas en el comportamiento de los registros del sonómetro (ver figuras 30 y 31).

Los niveles de ruido cuando las bombas están funcionando en este punto no exceden los límites normativos de ruido diurno, sin embargo, si superan los límites de ruido nocturno.

3.10 RESULTADOS NUMÉRICOS Y COMPARACIÓN CON LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE.

En la Tabla 16, se presentan los valores corregidos para L_{EQ} y L_{90} , en dB(A) medidos en cada sesión durante el periodo de medición.

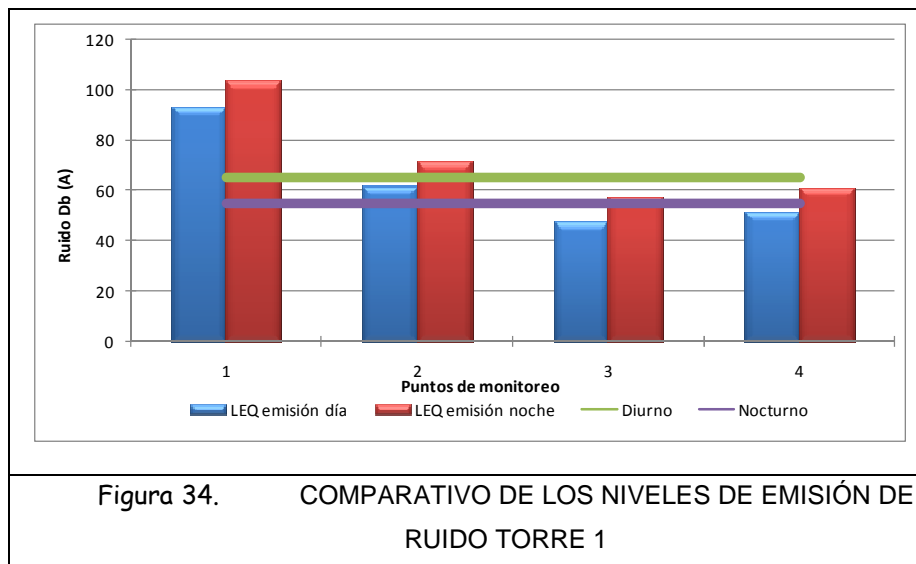
3.10.1 Emisión de ruido torre 1.

En la Torre 1 se realizaron 4 puntos, partiendo de la fuente a los apartamentos más cercanos, llegando al tercer piso presentando los siguientes resultados de emisión de ruido.

Tabla 16. Niveles de sonido continuo equivalente dB (A) periodo diurno.

PUNTO	LEQ emisión día	LEQ emisión noche (estimado)	Diurno	Nocturno
1	93.5	103.5	65	55
2	61.5	71.5	65	55
3	47.6	57.6	65	55
4	51.3	61.3	65	55

Fuente: Monitoreos realizados por SIGMA-HSEQ Ltda.



En la gráfica anterior se observa los siguiente:.

- **Punto 1:** Dentro del cuarto de bombas con la puerta cerrada, los niveles medidos superan los límites normativos diurnos y nocturnos.
- **Punto 2:** Por fuera del cuarto de bombas, los niveles medidos superan los límites normativos diurnos, al hacer un estimado de la emisión de ruido nocturno, igualmente se superan.
- **Punto 3:** En el interior del apartamento 202 no se superan los límites normativos diurnos, sin embargo al hacer el estimativo del ruido nocturno, al realizar una corrección de 10 dB, se alcanza a superar la norma.
- **Punto 4:** En el interior del apartamento 301 no se superan los límites normativos diurnos, sin embargo, al hacer el estimativo del ruido nocturno, al realizar una corrección de 10 dB, se alcanza a superar la norma, sin embargo, teniendo en cuenta lo discutido en este punto, acerca de que los ruidos que se perciben en este apartamento provienen principalmente del interior del apartamento, realmente, se espera que en el periodo nocturno el encendido de las bombas no supere los límites

normativos de 55 dB. sin embargo esto solo se puede definir con un muestreo directo en horas nocturnas.

3.10.2 Emisión de ruido torre 3.

En la Torre 3 se realizaron 4 puntos, partiendo de la fuente a los apartamentos más cercanos, llegando al segundo piso presentando los siguientes resultados de emisión de ruido.

Tabla 17. Niveles de sonido continuo equivalente dB (A) periodo diurno.

PUNTO	LEQ emisión día	LEQ emisión noche	Diurno	Nocturno
5	94.2	104.2	65	55
6	66.2	76.2	65	55
7	63.1	73.1	65	55
8	57.6	67.6	65	55

Fuente: Monitoreos realizados por SIGMA-HSEQ Ltda.

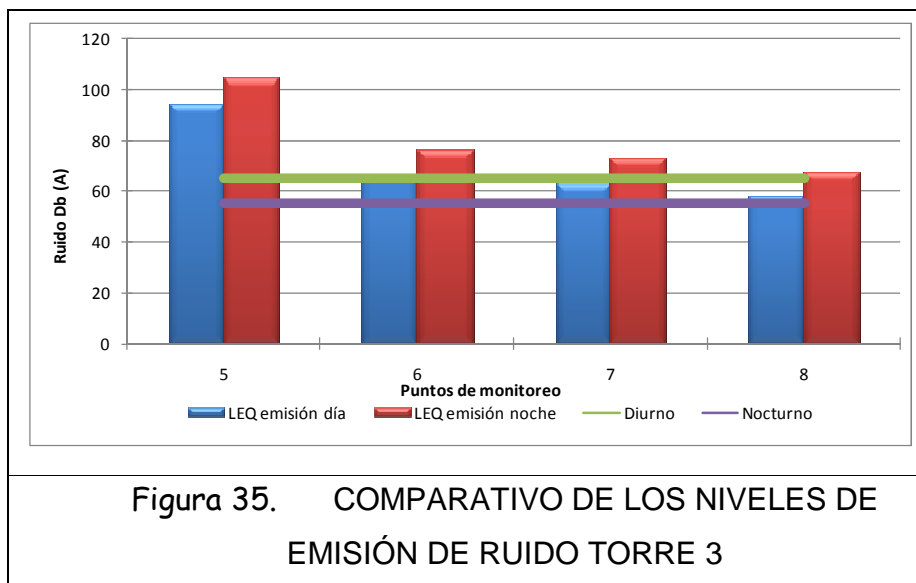


Figura 35. COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO TORRE 3

En la gráfica anterior se observa los siguiente:.

- **Punto 1:** Dentro del cuarto de bombas con la puerta cerrada, los niveles medidos superan los límites normativos diurnos y nocturnos.
- **Punto 2:** Por fuera del cuarto de bombas, los niveles medidos superan los límites normativos diurnos, al hacer un estimado de la emisión de ruido nocturno, igualmente se superan.
- **Punto 3:** En el interior del apartamento 102 no se superan los límites normativos diurnos, sin embargo al hacer el estimativo del ruido nocturno, al realizar una corrección de 10 dB, se alcanza a superar la norma.
- **Punto 4:** En el interior del apartamento 203 no se superan los límites normativos diurnos, sin embargo, al hacer el estimativo del ruido nocturno, al realizar una corrección de 10 dB, se alcanza a superar la norma.

3.11 CONCLUSIONES GENERALES PARTE RUIDO.

- El monitoreo dentro de los cuartos de bombas, con la puerta de acceso cerrada se puede determinar que el nivel LEQ de ruido de la bomba está entre 93,5 dB y 94,2 dB.
- En los monitoreos realizados por fuera de las bombas hidroneumáticas en el primer piso, sobre áreas comunes de las torres 1 y 3, con la puerta de acceso al cuarto de bombas cerrada, se puede observar que la entrada en funcionamiento de las bombas incrementa el ruido en aproximadamente 14 a 15 dB sobre el ruido residual.
- En las zonas comunes de la torre 1 el nivel de ruido se encuentra en 61,4 dB, encontrándose dentro de los límites normativos diurnos, sin embargo, este nivel de emisión de ruido corregido al periodo nocturno (mas 10 dB) supera los límites normativos.
- En las zonas comunes de la torre 3 el nivel de ruido se encuentra en 66,2 dB, superando los límites normativos diurnos, sumado a lo anterior, al corregir este nivel

de emisión de ruido para el periodo nocturno (mas 10 dB) se superan los límites normativos.

- El apartamento más cercano al cuarto de bombas en la torre 1 se encuentra en el segundo piso, allí se tienen un nivel de emisión de 47 dB, por tanto, durante el día hay un cumplimiento de los límites normativos, sin embargo, si se estima que este nivel de ruido se mantiene durante el periodo nocturno y se hace la respectiva corrección, el nivel de emisión supera el límite normativo para el periodo nocturno de 55 dB.
- El apartamento más cercano al cuarto de bombas y que comparte muros comunes con el cuarto de bombas en la torre 3, se encuentra en el primer piso, allí se tienen un nivel de emisión de 63,1 dB, por tanto, durante el día hay un cumplimiento de los límites normativos, aunque bastante cercanos al límite. Si este nivel de ruido se mantiene durante el periodo nocturno y se hace la respectiva corrección, el nivel de emisión supera el límite normativo para el periodo nocturno de 55 dB. En este caso se observó que el ruido se filtra hacia el apartamento por los bordes de la puerta, por tanto mejorando el aislamiento del cuarto, se disminuirá la emisión que llega al apartamento.
- En los segundos pisos durante el periodo diurno la percepción del ruido a la entrada en funcionamiento de las bombas es bajo y tiende a confundirse con las actividades que se desarrollan en los apartamentos, sin embargo, es posible que en el periodo nocturno cuando cesan las actividades rutinarias dentro del apartamento, el ruido producido por las bombas al encenderse supere los límites normativos de 55 dB.
- En los terceros pisos los registros del sonómetro y las correcciones realizadas a los niveles de ruido evidencian que al momento de encenderse las bombas hidroneumáticas, el ruido generado tanto en el periodo diurno como nocturno presentan niveles que están por debajo de los límites normativos.
- Es importante aclarar que las bombas funcionan de acuerdo con la demanda de agua en cada uno de los edificios, por tanto se espera que su actividad se presente en horas pico de consumo, por tanto, estas se encenderán de manera esporádica

durante la noche y por tanto, el impacto sonoro sobre los residentes al interior de sus apartamentos será esporádico durante este periodo.

- Igualmente es importante aclarar que las bombas se encienden de manera automática por un periodo cercano a los seis (6) minutos y que estas se encienden durante el día un promedio de 20 veces (de acuerdo con lo manifestado por la portería), de tal manera que bajo estas circunstancias el impacto sonoro sobre los residentes es bajo teniendo en cuenta un periodo de tiempo de 24 horas y por tanto, mediciones sonoras completas seguramente darían un cumplimiento normativo respecto al funcionamiento de las bombas, pues el monitoreo se remitió a un periodo de tiempo de quince minutos, de acuerdo con los procedimientos citados por la resolución 627 del 2006.
- Complementando lo anterior, de acuerdo con lo enunciado en la tabla 4 y de acuerdo con la OMS, se requieren de niveles de ruido mayor a los 30 dB en la noche y por periodos superiores a 8 horas para ocasionar perturbaciones en el sueño, o bien, niveles superiores a los 35 dB por periodos de tiempo superiores a 16 horas para ocasionar interferencias en la comunicación verbal, condiciones que no se llevan a cabo para el caso del funcionamiento de las bombas hidroneumáticas objeto de este estudio.

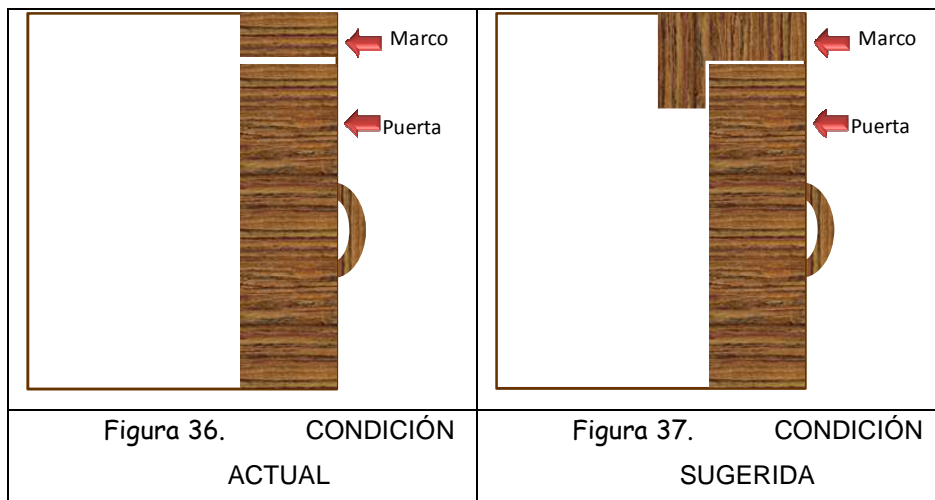
3.12 RECOMENDACIONES.

En virtud que el propósito de estas mediciones es evaluar el impacto sonoro que tienen las bombas hidroneumáticas de las torres 1 y 3 del conjunto residencial, de manera independiente a los periodos de tiempo en que estas se encienden, sobre los apartamentos más cercanos, se hacen las siguientes recomendaciones con el fin de disminuir las emisiones de ruido que se generan al encenderse y que estas emisiones se encuentren durante estos instantes de tiempo dentro de los límites normativos.

- Los muros que dividen los cuartos de bombas de las zonas comunes son hechos en “Dry Wall”, se sugiere que se cambien por ladrillo prensado o bloque, pues estos

absorben más el ruido producido, en especial el bloque, que por tener cámaras de aire hace que el ruido se disminuya de manera importante.

- Las puertas de acceso a los cuartos de bombas se deben mantener en madera, sin embargo, el marco de estas no debe ser plano, sino que se le debe hacer un reborde al interior para que el ruido no escape por las hendiduras de acuerdo con las siguiente figuras:



- El interior de los cuarto se debe revestir de material espumoso que desvíe las ondas sonoras, existen materiales espumosos que semejan las cajas de huevos, similar a las siguientes fotos



- Aunque los motores eléctricos producen poca vibración comparado con los compresores de combustión interna, esta no se debe olvidar como productora de ruido, los motores se deben aislar de manera efectiva en los anclajes de estos al piso por medio de soportes de cauchos o resortes específicos o concreto especial según sea el caso. El mantenimiento electromecánico preventivo también es necesario para evitar desajuste en los anclajes.



- Una vez realizadas estas adecuaciones es importante verificar que efectivamente hubo una disminución de ruido mediante un segundo monitoreo de ruido, que compare los resultados del presente estudio con los nuevos resultados.

- Para próximos proyectos, con el fin que en las mediciones de ruido presenten menores niveles de incertidumbre se deben realizar los monitoreos de ruido antes de la entrega de los apartamentos, con el fin de asegurar al máximo que la medición se remite en un gran porcentaje al ruido producido por las bombas y se evita que existan ruidos al interior del apartamento que interfiera con la lectura.

4. BIBLIOGRAFIA

UNIVERSIDAD DE NAVARRA. Normativa sobre Vibraciones [en línea].

<www.imem.unavarra.es/EMyV/pdfdoc/vib/vib_normativa.pdf> [citado en 13 de junio de 2009]

WILDI, Theodore. NAVARRO, Rodolfo. Maquinas Eléctricas y sistemas de potencia. 2007 – 934 pgs. ISBN 9702608147.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 627 de Abril de 2006, Colombia.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 948 de junio de 1995, Colombia.

MINISTERIO DEL TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Resolución 8321 de 1983, Colombia.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. (ANSI S1.4—1983-R2001, ANSI S1.11-2004 Y ANSI S1.43-1997-R2002)

INTERNATIONAL ELECTRONIC COMMISSION. Technical Commission (IEC 61672-1, IEC 61672-2, IEC 61260, IEC 61000).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sonómetros (coincide con la norma IEC 651): (NTC 3428)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Niveles de ruido ambiental con ponderación A. (ISO 1996).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Criterios de ruido o confort. 1992 (ISO 6242-3).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Acústica. Descripción Y Medición Del Ruido Ambiental. Aplicación De Los Límites De Ruido: (NTC 3521).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ruido emitido por maquinaria y equipo. (coincide con la norma ISO 6081): (NTC 3437).

MINISTERIO DE VIVIENDA. Norma Básica de la Edificación NBE CA-88 Decreto Real 1909/81 y corregida en 1988 y actualizado en el Real Decreto 1371/2007 en el código técnico de la edificación CTE derivada de la Directiva 89/106/CEE y la 2002/49/CE: España.

UNION DE NACIONES EUROPEAS. Aislamiento, transmisión y absorción sonora en recintos de acuerdo a sus elementos constructivos: Norma Europea: (UNE-EN 12354).

SENADO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. “mediante el cual se adoptan medidas para controlar, vigilar y reducir todo tipo de contaminación acústica en el territorio Colombiano”: Proyecto de Ley 040/2008.

HARRIS, Cyril. Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido. Ediciones Mc Graw Hill 1995.

REJANO DE LA ROSA, Manuel. Ruido Industrial y Urbano. Ediciones Paraninfo Thomson Learning, 2000.

COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. Parlamento Europeo y del Consejo sobre evaluación y gestión del ruido ambiental: 2002: (Directiva 2002/49/CE).

MINISTERIO DE VIVIENDA (2207) “Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico DB-HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación...”: España.

UNION DE NACIONES EUROPEAS. Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Partes 1, 2 y 3: AENOR: 2001: (UNE-EN 12354).

CROCKER, M. Handbook of noise and vibration control: Editorial John Wiley & Sons, 2007.

BERANEK, L. Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications: Editorial John Wiley & Sons, 2006.