



**Universidad
de Cartagena**
Fundada en 1827

DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA


Convenio Interadministrativo 0133-2015

TOMO

5

LINEAMIENTOS PARA EL ESTABLECIMIENTO
DE LA RED DE RUIDO AMBIENTAL EN LA
CIUDAD DE CARTAGENA

Cartagena de Indias – Diciembre de 2015

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	---	---

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

RECTOR

EDGAR PARRA CHACÓN

**DIRECTOR DEL INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL
ALFONSO ARRIETA PASTRANA**

**EQUIPO TÉCNICO DEL INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.**

DIRECTOR

Alfonso Arrieta Pastrana

Doctor en Ciencias del Mar

EQUIPO COORDINADOR

Javier Mouthon Bello

Doctor en Ingeniería Ambiental

Hermes Martínez Batista

Magister en Urbanismo y Desarrollo Territorial

Mónica Eljaiek Urzola

Magister en Ingeniería Ambiental

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Mónica Agámez Anillo

Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Milton Guerrero Pájaro

Magister en Urbanismo y Desarrollo Territorial

Carlos Sabogal Lorduy

Ingeniero auxiliar

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (TOPOBATIMETRÍA)

Mónica Agámez Anillo

Magister en Oceanografía

Camilo Tapia V.

Topógrafo

Alfredo Gutiérrez

Hidrografo

COMITÉ DE HIDRÁULICA E INFRAESTRUCTURA (HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA)

Álvaro González


Doctor en ingeniería civil en el área de recursos hídricos e ingeniería ambiental

Hermes Pinto Nieves

Ingeniero Civil

Andrés Aguirre

Ingeniero Auxiliar

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

COMITÉ DE HIDRÁULICA E INFRAESTRUCTURA (ESTUDIOS DE CAMPO Y DISEÑO)

Álvaro González	Doctor en ingeniería civil en el área de recursos hídricos e ingeniería ambiental
Guilliam Barboza	Magister en Geotecnia
Javier López Grau	Ingeniero auxiliar

COMITÉ DE CALIDAD AMBIENTAL (CALIDAD DEL AGUA)

Edgar Quiñones Bolaños	Doctor en Ingeniería Ambiental
Jaime Fortich Fortich	Magister en Ingeniería Ambiental
Gamaliel Mejía Monterroza	Magister en Química
Margareth Peña Castro	Ingeniera Química

COMITÉ DE CALIDAD AMBIENTAL (COMITÉ DE CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO)

Edgar Quiñones Bolaños	Doctor en Ingeniería Ambiental
María Elena Huertas Bolaños	Doctora en Ciencias de la Ingeniería
José A. Álvarez	Magister en Ingeniería Ambiental
Vanessa Álvarez Narváez	Ingeniera Civil
César Arciniégas Suárez	Magister en ciencias ambientales (Asesor)
Jesús de Pombo Angulo	Ingeniero auxiliar

COMITÉ DE GESTIÓN AMBIENTAL (ASPECTOS FÍSICOS)

Mónica Eljaiek Urzola	Magister en Ingeniería Ambiental
Hermes Martínez Batista	Magister en Urbanismo y Desarrollo Territorial
Melissa Girado Guzmán	Ingeniera Ambiental

COMITÉ DE GESTIÓN AMBIENTAL (ASPECTOS BIÓTICOS)

Mónica Eljaiek Urzola	Magister en Ingeniería Ambiental
Yina Amell Cáez	Bióloga
Angélica Cabarcas Mier	Magister en oceanografía física
Carlos Villa de León	Especialista en avifauna

COMITÉ DE GESTIÓN AMBIENTAL (ASPECTOS SOCIALES)

Diana Barraza	Trabajadora Social (Asesor)
----------------------	-----------------------------

COMITÉ DE SISTEMAS

Martín Monroy	Doctor en Ingeniería Telemática
----------------------	---------------------------------


	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

TABLA DE CONTROL

NÚMERO VERSIÓN		0	1
ELABORÓ JESÚS DE POMBO	FIRMA		
	FECHA		
REVISIÓN COORDINADOR EDGAR QUIÑONES BOLAÑOS	FIRMA		
	FECHA		
COORDINADOR DEL PROYECTO JAVIER MOUTHON	FIRMA		
	FECHA		
DIRECTOR DEL CONVENIO ALFONSO ARRIETA	FIRMA		
	FECHA		



	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---


TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. GENERALIDADES.....	10
3. MARCO LEGAL	11
4. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO EN EL DISTRITO	12
4.1. ESTUDIOS PREVIOS.....	12
4.2. PROBLEMÁTICA DE RUIDO AMBIENTAL.....	18
5. LINEAMIENTOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA RED DE MONITOREO DEL RUIDO AMBIENTAL	21
6. RECOMENDACIONES	32
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ruido de los barrios Bocagrande y Laguito.	13
Figura 2. Mapas de Ruido Diurno y Nocturno del distrito de Cartagena de Indias desarrollado por el IHSA.	14
Figura 3. Mapa de Ruido Diurno y Nocturno de la Localidad 3 del distrito de Cartagena de Indias desarrollado por el EPA.....	16
Figura 4. Mapa de Ruido Diurno y Nocturno de las Localidades 1 y 2 del distrito de Cartagena de Indias desarrollado por el EPA. A) Horario Diurno y B) Horario Nocturno..	17
Figura 5. Ubicación de las estaciones de medición de ruido llevado a cabo en el informe “Modelación Matemática del Ruido Generado por el Tráfico Vehicular en el Área Urbana de la Ciudad de Cartagena de Indias”.....	18
Figura 6. Flujo de procesos para el establecimiento del sistema inteligente de monitoreo de ruido ambiental.	22
Figura 7. Mapa de la zonificación acústica de los barrios Centro y Getsemaní de Cartagena de Indias.....	24
Figura 8. Proceso para la identificación de fuentes fijas.....	26
Figura 9. Infraestructura típica de un sistema de monitoreo inteligente de ruido.	27
Figura 10. Esquema general de una Estación de Monitoreo de Ruido (EMR).....	28
Figura 11. Diseño estándar de la Vista Lógica del sistema.	30
Figura 12. EMR móvil implementada en Madrid, España en 2003.....	33
Figura 13. Ejemplo de montaje de EMR en Poste.....	33


	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de medición de ruido del informe “Modelación Matemática del Ruido Generado por el Tráfico Vehicular en el Área Urbana de la Ciudad de Cartagena de Indias”..... 17

Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental por sector en Colombia. 23

Tabla 3. Variables de análisis en la identificación de fuentes móviles representativas..... 25

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

1. INTRODUCCIÓN


El ruido es considerado como aquel sonido no deseado por el receptor, lo que cataloga al ruido ambiental como un contaminante, que a diferencia de otros contaminantes ambientales tiene un impacto sumamente variable, debido a que la forma de percepción humana al ruido es muy subjetiva, la cual varía considerablemente entre diversas poblaciones de estudio con su régimen social. Sin embargo, una aproximación aceptable al límite de ruido al que puede estar expuesta una persona sin probabilidad de riesgo es el equivalente a una presión de 85 dB durante 8 horas (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2015).

El ruido ambiental por su condición de contaminante de alta presencia en la mayor parte de los centros urbanos es considerado una problemática a nivel mundial, que a pesar de que comúnmente se cree que su efecto es mínimo, puede causar desde interferencia en la comunicación hasta diversos daños graves a la salud humana, como pérdida de audición, alteraciones psicológicas y cambios en la conducta (Restrepo Díaz, 2002). Así mismo, puede causar la degradación de la zona y alteración de las actividades típicas desarrolladas en esta.

Las emisiones del ruido en centros urbanos provienen de dos fuentes principalmente, correspondientes a fuentes móviles, conformadas por el tráfico de vehículos motorizados, y fuentes fijas, conformadas por industrias, locales comerciales, algunas actividades domésticas como el uso de equipos de sonido de alta potencia y demás. Aquellas que generan mayor emisión por su constante y elevada presencia son las fuentes móviles (Barreto Gómez & De León Barrios, 2009), y en conjunto con las fuentes fijas son las causantes de que el 50% de la población europea vivan en zonas de bajo confort acústico (Organización Mundial de la Salud - OMS, 1999).

En Cartagena de Indias la afectación por ruido es evidente principalmente en las intersecciones de elevado flujo vehicular, pero puede localizarse en diversos sectores destinados a actividades hoteleras, turísticas y sociales, principalmente en el horario nocturno en diversos locales donde se usan equipos de sonido de elevada potencia. Se ha estimado que tan solo entre el 19 y 31% de los puntos de aglomeración vehicular y fuentes fijas cumplen con los límites máximos permisibles para horario diurno establecidos en Colombia y entre 12 y 17% en el horario nocturno.


Como aspecto esencial para la generación y desarrollo de programas efectivos de control de ruido en Cartagena de Indias es necesario realizar el diagnóstico adecuado del nivel de contaminación a lo largo del territorio de manera continua, para lo cual es necesario el establecimiento o implementación de un sistema de monitoreo inteligente de ruido. Este sistema consta de un dispositivo capaz de detectar, medir y asociar el ruido generado por las diversas fuentes de emisión de manera automática.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

El éxito del sistema de monitoreo inteligente está ligado a su adaptación a las necesidades y condiciones ambientales, normativas, técnicas y sociales existentes en el distrito; Para cumplir con lo descrito, en este documento son propuestos los lineamientos para su efectivo establecimiento, que comprende las directrices de los planes y programas a desarrollar.

De manera general, los planes y programas a desarrollar para el establecimiento del sistema de monitoreo planteados en dichos lineamientos comprenden el conjunto de acciones necesarias para la identificación de los puntos con elevada contaminación por ruido, con base en su nivel de exposición y sensibilidad al ruido. A su vez, son expuestas las pautas para el establecimiento del sistema de monitoreo inteligente de ruido en el distrito, teniendo en cuenta su planificación, ubicación, manejo de información y mantenimiento y calibración.

A pesar de que un sistema de monitoreo muy difícilmente podrá monitorear la totalidad del distrito, con una planificación adecuada del sistema podrá ser monitoreado en tiempo real el nivel de ruido de las zonas más representativas de la ciudad, pudiendo ser extendido este monitoreo a la totalidad del territorio. Con esta información es posible llevar a cabo el monitoreo continuo de la situación de ruido en tiempo real, y contribuir al desarrollo del diagnóstico y acciones para su control.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

2. GENERALIDADES


El ruido ha sido identificado recientemente como uno de los contaminantes con mayor presencia en los centros urbanos a nivel mundial, el cual puede llegar a causar graves padecimientos en la salud humana, así como riesgos cardiovasculares y pérdida de audición, por lo que es actualmente una necesidad de las autoridades ambientales su monitoreo y la ejecución de planes de control y mitigación. (World Health Organization Regional Office for Europe, 2007)

La situación en el distrito de Cartagena de Indias no es distinta a la presentada a nivel mundial, ya que un elevado porcentaje (aproximadamente 39%) de las quejas presentadas en 2010 están relacionadas al ruido (Contraloría Distrital de Cartagena de Indias, 2011) y a nivel general es elevado en muchas de las intersecciones vehiculares y diversos puntos de la ciudad. Por tanto, su monitoreo constituye una necesidad pública, la cual apunta a la generación del diagnóstico de su nivel de contaminación en el distrito.

Un sistema efectivo para el monitoreo de ruido son los sistemas inteligentes, gracias a su capacidad de generar resultados de manera continua en grandes extensiones de terreno. Sin embargo, su eficiencia depende de su correcto establecimiento, que se basa en su adaptación a las necesidades ambientales, técnicas, normativas, y sociales, por lo tanto es necesario establecer lineamientos que enfoquen las directrices para su adecuado establecimiento.

Los lineamientos para el establecimiento de la red de monitoreo ruido inteligente están enfocados inicialmente en una primera etapa, que comprende las directrices para el desarrollo del diagnóstico de la contaminación por ruido existente, que incluye el desarrollo de la zonificación acústica, el inventario de fuentes de emisión fijas y móviles, y la determinación de los objetivos de calidad acústica, con base en la medición de los niveles de ruido generado por las fuentes fijas y móviles y su comparación con los estándares permisibles estipulados en la normativa colombiana, con el fin de ubicar los puntos críticos.

En los lineamientos para el establecimiento del sistema se tiene en cuenta una segunda etapa, posterior a la primera etapa, enfocada específicamente en las directrices de establecimiento, en la cual son tenidas en cuenta la planificación, que incluye el esquema general de los componentes y ubicación de la infraestructura del sistema, y las técnicas de medición, manejo de información y consideraciones para su mantenimiento y operación.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

3. MARCO LEGAL


En Colombia la problemática de ruido fue inicialmente reconocida como un agente de contaminación ambiental en 1974 con la expedición del Decreto 2811, plasmado en los Artículos 3°, 33° y 75°, así como en los 192° y 193°, en los que se introduce a este agente como un factor de importancia en la planificación urbana.

En 1979 se expide la Ley 9 con el objeto de dictar medidas sanitarias para la protección del medio ambiente, dictando las normas, procedimientos y medidas que servirán de base para su preservación, restauración y mejora. Sin embargo, la contaminación por ruido es regulada desde el punto de vista normativo a partir de 1983 con la estipulación de la Resolución 8321, emitida por el Ministerio de Salud, que establece las normas para la buena salud y la protección y conservación de la audición de las personas a causa de la producción de este contaminante. Además, las Corporaciones Autónomas Regionales (CARs), las Autoridades Ambientales y las de Desarrollo Sostenible han sido establecidas como responsables del control de emisiones contaminantes, entre las que se incluye el ruido mediante el Artículo 66° de la Ley 99 de 1993.

En 1995 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con el fin de establecer el marco de las acciones y mecanismos para la mejora y preservación de la calidad del aire promulga el Decreto 948, en el que se establecen los estándares máximos permisibles de emisión de ruido y de ruido ambiental en el territorio nacional de acuerdo con los distintos tipos de sectores definidos en la misma.

La norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental constituida actualmente fue expedida en 2006 mediante la Resolución 627 por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y establece los requerimientos para la medición de este contaminante y el establecimiento de los estándares máximos permisibles en los diferentes sectores en el territorio nacional. Así mismo, en esta se contempla la realización, revisión y actualización de mapas de ruido en los municipios con poblaciones mayores a 100 000 habitantes como obligatoria.

Actualmente los procesos para realizar las mediciones y obtención de datos del ruido ambiental en el territorio colombiano están establecidos en las Normas Técnicas Colombianas (NTC), certificadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) (Casas García, Betancur Vargas, & Montaña Erazo, 2015). Estas son la NTC 3520, la cual describe el procedimiento para la determinación del nivel de presión sonora y las bases para la determinación del ruido ambiental, y NTC 3522, que define las cantidades básicas y procedimientos esenciales de evaluación en ambientes comunitarios, las cuales son transcritas de la ISO 1996.

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

4. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO EN EL DISTRITO

4.1. ESTUDIOS PREVIOS

El distrito de Cartagena de Indias cuenta actualmente con diversos mapas de ruido, tanto elaborados a nivel académico como laboral, enfocados en representar mediante cartografía la situación del ruido en el distrito y contribuir con la determinación del número de personas y viviendas, centros educativos, hospitales afectados y demás afectados, así como el grado de afectación para de este modo plantear medidas de prevención y corrección enfocadas a las actividades generadoras de ruido ambiental en la(s) zona(s).

A nivel académico, en 2009 se determinaron los niveles de ruido en un conjunto de intersecciones de la ciudad por medio del proyecto de grado de la Universidad de Cartagena para optar al título de Ingeniero Civil denominado “Evaluación de la Contaminación Acústica en Intersecciones en la Ciudad de Cartagena”. El conjunto de intersecciones corresponde a aquellas localizadas en Las Tenazas, India Catalina, Reloj Solar, San Felipe, María Auxiliadora Blas de Lezo, SAO, y Bomba del Amparo, seleccionadas por ser considerados los puntos críticos de aglomeración vehicular el causante de la contaminación acústica en centros urbanos, y a partir de su monitoreo fue determinado que todas tuvieron un nivel de presión sonora mayor a 73dB, y las de mayor nivel fueron India Catalina, con 77.66 dB promedio y Bomba del Amparo, con 75.64 dB.

En 2010 fue desarrollado en la Universidad de Cartagena el proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil “Generación de un Mapa de Ruido según el Uso del Suelo en el Barrio de Bocagrande y el Laguito de la Ciudad de Cartagena”, en el cual fueron desarrollados un mapa de ruido diurno y un mapa de ruido nocturno para el sector de Bocagrande y Laguito, ilustrado en la Figura 1 con base en el aforo de 22 puntos distribuidos en 15 locales comerciales, cuatro residenciales y tres hoteleros siguiendo los parámetros y protocolo establecidos en la normativa de ruido y ruido ambiental vigente, es decir, la Resolución 627 de 2006, usando un sonómetro portátil marca Extech, tipo II con filtro de ponderación A.

Con base en la Figura 1 fue determinado que 27,27% de los puntos aforados no cumplen con el límite máximo permisible ponderado o límite máximo permisible establecido en la normativa de ruido ambiental colombiana para horario diurno, que oscila entre 55 y 80 dB dependiendo del tipo de zona y 100% para horario nocturno, con un promedio de 3 y 11 dB mayor a lo establecido en el día y la noche respectivamente por la normativa en cada punto, que oscila entre 50 y 75 dB. Entre los puntos con mayor nivel de presión sonora registrado en Bocagrande se encuentran aquel ubicado frente del Hotel Caribe, sobrepasando el valor permisible establecido la norma en 12 dB y el banco HSBC, sobrepasando en 17 dB, y en el Laguito, el ubicado frente al edificio El Conquistador, sobrepasando en 3 dB.

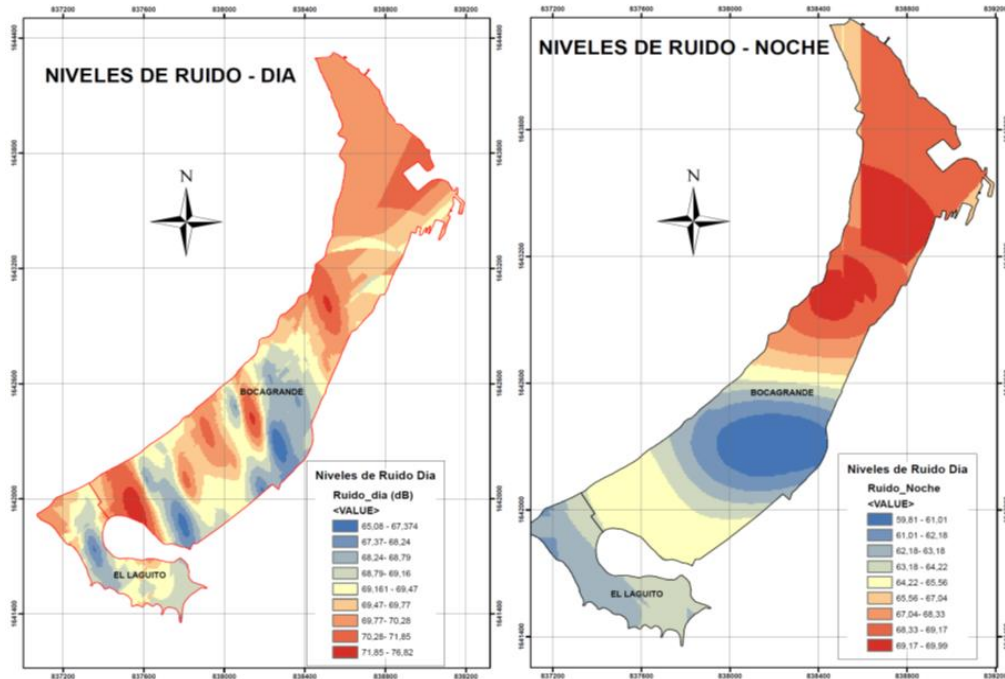


Figura 1. Mapa de Ruido de los barrios Bocagrande y Laguito.

Fuente: (Duran Izquierdo & Nuñez Guardo, 2010)

En 2010 fue publicado el informe titulado “Valoración de los Niveles de Riesgos Ambientales en el Distrito de Cartagena”, elaborado por el Instituto de Hidráulica y Saneamiento (IHSA) de la Universidad de Cartagena, en el cual se elaboró un mapa de ruido diurno y un mapa de ruido nocturno con base en mediciones de presión sonora realizadas durante un día en 25 puntos de medición distribuidos por todo el distrito de acuerdo a lo establecido en la normativa de ruido y ruido ambiental vigente usando un sonómetro portátil marca Extech, tipo II, calibrado para un tiempo de respuesta y filtro de ponderación A, así como el volumen y composición del tráfico vehicular. Como producto del monitoreo de presión sonora realizada fue elaborado el mapa de ruido diurno y nocturno de la Figura 2 respectivamente.

De los mapas de la Figura 2 es notorio que los valores mínimos de presión sonora emitidos durante el día y la noche, es decir, 70.1 y 67 dB, superan el límite máximo permisible establecido en la norma de ruido y ruido ambiental para la mayor parte de los sectores, por lo que de manera general gran parte de los sectores del distrito presentan niveles de ruido excesivos, sin embargo, de acuerdo con la evaluación de cada punto, solo 11 de los 25 puntos de monitoreo superan el límite de 70 dB. Además, la mayor contaminación se presenta en la zona cercana al Aeropuerto Rafael Nuñez y la zona central del distrito, aunque de manera general la contaminación entre las zonas es muy similar.

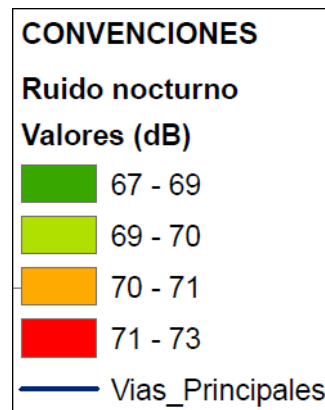
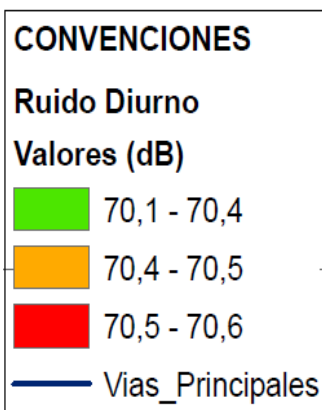
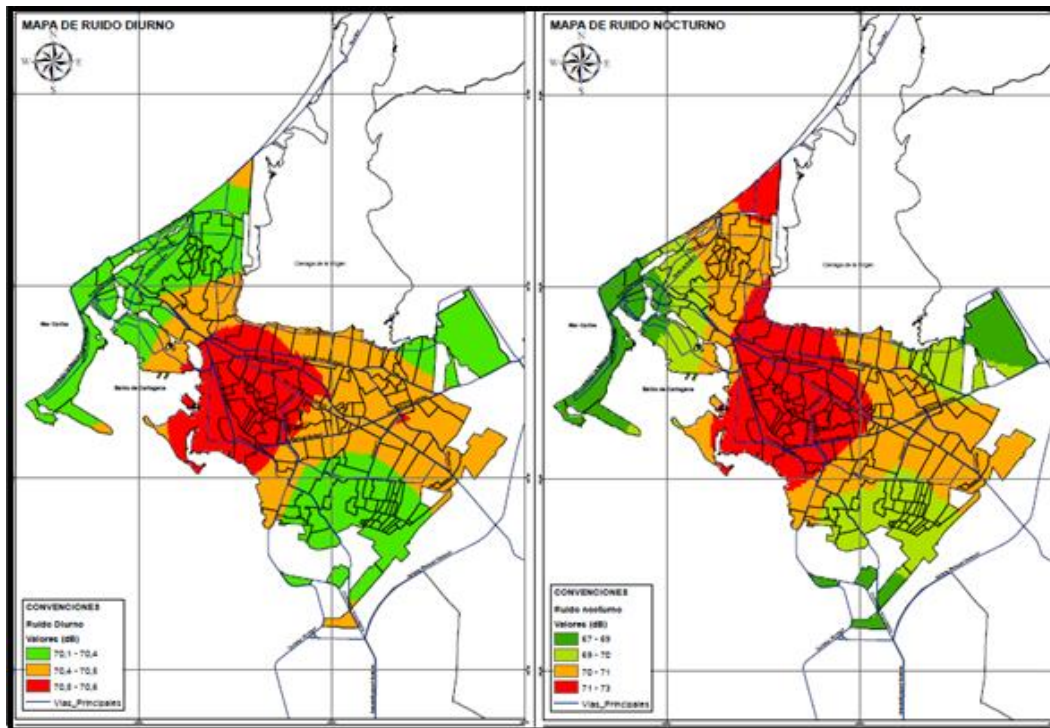



Figura 2. Mapas de Ruido Diurno y Nocturno del distrito de Cartagena de Indias desarrollado por el IHSA.

Fuente: (Instituto de Hidráulica y Saneamiento - IHSA, 2010)

En 2011, el Establecimiento Público Ambiental (EPA) de Cartagena de Indias desarrolló los informes “Elaboración de los Mapas Digitales de Ruido Ambiental del Perímetro Urbano de las Localidades 1 y 2 de la Ciudad de Cartagena D.T. y C.” y “Elaboración de los Mapas Digitales de Ruido Ambiental del Perímetro Urbano de las Localidad 3 de la Ciudad de Cartagena D.T. y C.” a través del monitoreo de 200 puntos en cada una de las tres Localidades, escogidos con base en la normativa de ruido vigente y la identificación de

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

fuentes fijas y móviles representativas, en campañas separadas, con una duración total de 21 días. Los mapas de ruido diurno y nocturno elaborados para las Localidades 1 y 2, y Localidad 3 corresponden a la Figura 3 y Figura 4 respectivamente.

De la Figura 3 y Figura 4, es evidente un elevado índice de ruido en cada una de las Localidades, se identificó que en la Localidad 1 durante un día ordinario, en el horario diurno solo el 19% de los puntos monitoreados cumplen con el límite máximo permisible establecido y durante el nocturno solo el 12%, así mismo, en la Localidad 2 estos valores corresponden a 17% y 7% para horario diurno y nocturno respectivamente (Establecimiento Público Ambiental-EPA, 2011), y en la Localidad 3 equivalen al 31% y 19% (Establecimiento Público Ambiental - EPA, 2013).

Del análisis de los mapas de la Figura 3 y Figura 4 y aquellos realizados por (Establecimiento Público Ambiental - EPA, 2013) se concluye que la mayor parte del ruido está concentrado en las vías, por lo que las fuentes móviles se constituyen como los principales emisores, de las cuales se puede intensificar su emisión por mal estado de las vías, ya que la ausencia de pavimento le brinda poca absorción del ruido, mientras que el asfalto es semi-absorbente, y el tipo de vehículos, siendo los pesados como buses y camiones aquellos con mayor nivel de emisión, con límites de 80 y 85 dB, y luego los vehículos ligeros como motocicletas, que a pesar de que ocasionalmente pueden alcanzar mayor niveles de ruido, su contribución durante largos periodos es menor.

Como herramienta de gran utilidad para el establecimiento de puntos de monitoreo y desarrollo de programas de control de ruido relacionado con proyectos viales existentes o futuros, los docentes Edgar Quiñones Bolaños, Mónica Eljaiek Urzola y Javier Mouthon Bello desarrollaron en 2015 un modelo matemático para la determinación de los niveles de presión sonora por tráfico vehicular a diferentes distancias en vías en Cartagena, denominado "Modelación Matemática del Ruido Generado por el Tráfico Vehicular en el Área Urbana de la Ciudad de Cartagena de Indias". Este modelo fue desarrollado con base en campañas realizadas en abril de 2013 en entre 6:00 a.m. y 2:00 p.m. en cinco estaciones de monitoreo, mostradas en la Figura 5 con las coordenadas detalladas en la Tabla 1. De esta campaña de medición resultó que el nivel de presión sonora por tráfico rodado en las estaciones es de entre 70 y 85 dB(A), lo cual es un nivel de exposición que puede llegar a ser perjudicial para la salud humana.

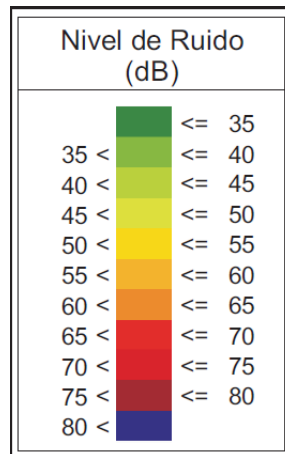
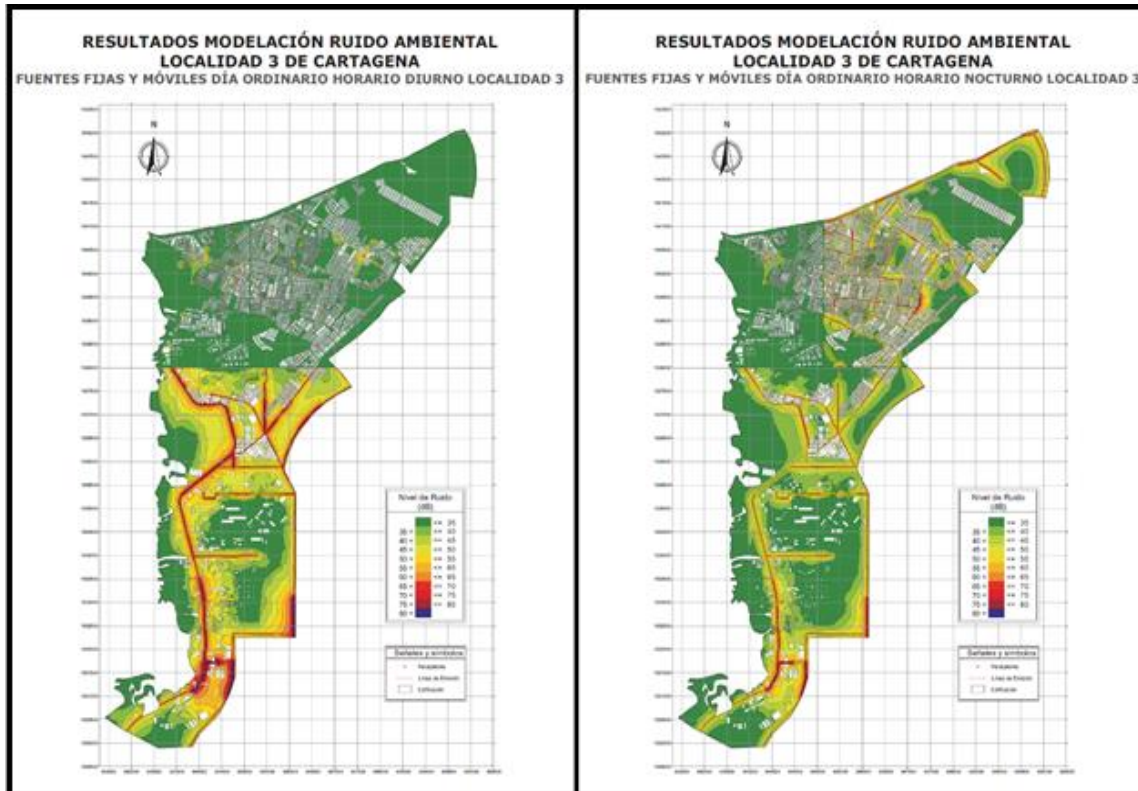


Figura 3. Mapa de Ruido Diurno y Nocturno de la Localidad 3 del distrito de Cartagena de Indias desarrollado por el EPA.

Fuente: (Establecimiento Público Ambiental - EPA, 2013)

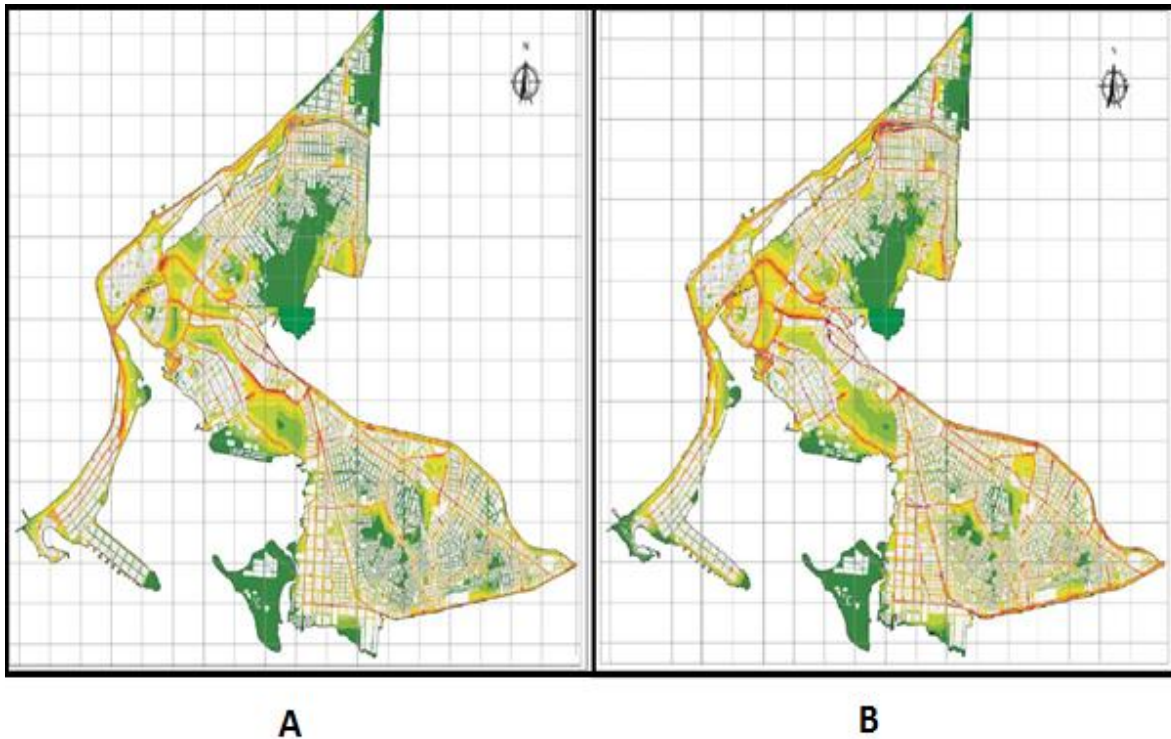



Figura 4. Mapa de Ruido Diurno y Nocturno de las Localidades 1 y 2 del distrito de Cartagena de Indias desarrollado por el EPA. A) Horario Diurno y B) Horario Nocturno.

Fuente: (Establecimiento Público Ambiental-EPA, 2011)

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones de medición de ruido del informe “Modelación Matemática del Ruido Generado por el Tráfico Vehicular en el Área Urbana de la Ciudad de Cartagena de Indias”.

Estación	Descripción	Coordenadas Geográficas	
		Norte	Oeste
A	Mamonal Kilometro 4	10°21'31.06"	75°30'20.41"
B	CAI del Bosque	10°23'32.64"	75°31'19.84"
C	Barrio Bruselas en Av. Crisanto Luque	10°24'12.74"	75°31'11.21"
D	Barrio Pie de la Popa calle 30	10°25'16.91"	75°31'56.35"

Fuente: (Quiñones Bolaños, Eljaiek Urzola, & Mouthon Bello, 2015).

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	---	---

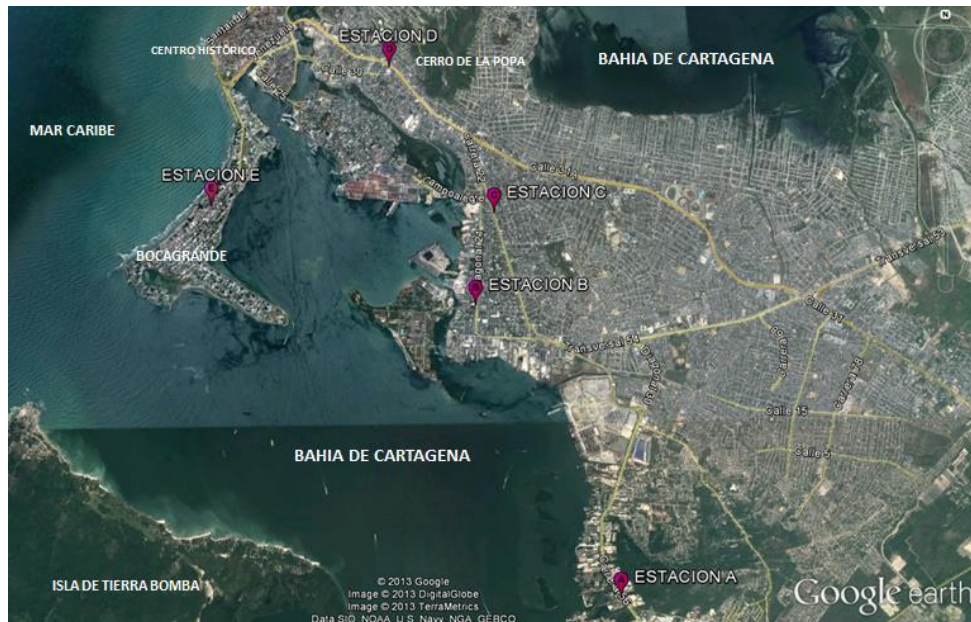



Figura 5. Ubicación de las estaciones de medición de ruido llevado a cabo en el informe “Modelación Matemática del Ruido Generado por el Tráfico Vehicular en el Área Urbana de la Ciudad de Cartagena de Indias”.

Fuente: (Quiñones Bolaños, Eljaiek Urzola, & Mouthon Bello, 2015).

4.2. PROBLEMÁTICA DE RUIDO AMBIENTAL

El ruido es una problemática ambiental existente en la mayor parte de los centros urbanos a nivel mundial, el cual es reconocido como un agente contaminante por ser un sonido indeseable, y que por una exposición prolongada a este se pueden generar daños a la salud, como pérdida de audición, alteraciones psicológicas y cambios en la conducta (Restrepo Díaz, 2002).

El ruido ambiental excesivo en muchos casos está atribuido al tráfico vehicular (Barreto Gómez & De León Barrios, 2009), parqueaderos y sitios aledaños, y puede generar trastornos de sueño, que a su vez está ligado a padecimientos como migraña, asma, alergia crónica y fatiga (World Health Organization Regional Office for Europe, 2007), así como riesgo cardiovascular (Sobotova, Jurkovicova, Stefanikova, Sevcikova, & Aghova, 2010). De igual forma, el ruido ambiental excesivo genera afectación de la salud mental en niños, siendo más crítico el procedente de tráfico vehicular, por estar asociado a la mayor cantidad de problemas, identificados como: de conducta, síntomas emocionales, hiperactividad y relación social (Dreger, Meyer, Frome, & Bolte, 2015).

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

En la medida en que el nivel de ruido producido por el tráfico vehicular es considerado como uno de los principales contribuyentes a la calidad de vida, la presencia de un elevado nivel de este contaminante en una barrio o zona en general degrada su apreciación (Botteldooren, Dekoninck, & Gillis, 2011), haciéndola indeseable para la habitabilidad y produciendo posiblemente una depreciación, caso sumamente indeseable, que en diversos países durante la época de los 80s se situaba entre 1% por dB(A) para niveles de presión sonora mayores a 55 dB(A) (Martínez Sandoval, 2015).

El ruido admisible al que una persona puede estar expuesta está representado por la energía sonora total, que depende de la intensidad, duración y frecuencia de la onda, y es considerado como el equivalente a 85 dB durante un máximo de 8 horas al día o 100 dB durante 15 min al día (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2015).


En Cartagena de Indias la problemática de ruido es evidente; Como prueba de esto en 2010 fueron recibidas por parte del EPA 1 322 quejas por parte de la comunidad por olores ofensivos, ruido, escombros y demás, de las cuales el 39% equivalen a ruido, es decir, 522, siendo el 49% procedente de la Localidad 1, 25% de la Localidad 2 y 26% de la Localidad 3 (Contraloría Distrital de Cartagena de Indias, 2011).

La principal fuente de ruido en la ciudad son las fuentes móviles y tienen su mayor nivel de emisión en los puntos críticos o intersecciones vehiculares de alto tráfico, entre las que se destacan las de tráfico pesado; Sin embargo, la concentración del ruido en dichos puntos y vías en general es elevada aún más por el deficiente control de la fluidez de los semáforos y reducidas distancias entre las paradas de los buses, que contribuyen al aumento del número de frenadas y arrancadas de los vehículos, así como el inadecuado estado de los vehículos de gran tamaño, que por las condiciones del chasis generan mayor ruido de lo debido al circular por las vías (Establecimiento Público Ambiental-EPA, 2011).

Las fuentes fijas de ruido pueden llegar a ser un factor muy influyente en zonas tanto de alto como de bajo volumen vehicular, entre las cuales se destacan las zonas de discoteca o actividad turística, así como restaurantes o puntos de establecimiento de los denominados “pick-up”, que pueden llegar a afectar en gran medida a sectores de tranquilidad (Según el Artículo 9 de la Resolución 626 de 2006) en parte por su elevada frecuencia en horario nocturno.


A pesar de que en la ciudad existen diversos mapas de ruido y estudios sobre los niveles de presión sonora, y que se han adelantado campañas pedagógicas (Redacción Cartagena, 2015) y correctivas (Redacción Cartagena, 2011) en algunas de las zonas más reconocidas por la elevada presencia de este contaminante ambiental, aún existen gran número de zonas con este problema y en las que aún no se han establecido planes de mitigación (López Alvear, 2015).

Una limitación existente en Cartagena de Indias y a la vez en muchas ciudades a nivel mundial es que no se cuenta con un adecuado sistema de modelación de ruido generado por fuentes móviles, impidiendo la evaluación del impacto sonoro en vías existentes o próximas a construir del tráfico vehicular sobre zonas residenciales, hospitales, escuelas y

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	---	---

demás y con ello generando una falencia en los procesos de planificación, identificación y valoración del impacto acústico por tráfico vehicular. (Quiñones Bolaños, Eljaiek Urzola, & Mouthon Bello, 2015)

Una de las grandes falencias que existen en Cartagena de Indias y otras ciudades del país para establecer planes de acción relacionados con la mitigación del ruido ambiental es la poca información existente, debido entre otros factores a la insuficiente información existente de la mayor parte de los puntos de elevada contaminación acústica, fundamentado en la inexistencia de sistemas y campañas de monitoreo con las que se pueda representar de manera continua y en la extensión de terreno requerida para determinar las condiciones de este contaminante en la ciudad de forma actualizada.

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

5. LINEAMIENTOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA RED DE MONITOREO DEL RUIDO AMBIENTAL

Los lineamientos para el establecimiento de una red de monitoreo inteligente del ruido ambiental en la ciudad de Cartagena de Indias comprenden el establecimiento de planes y programas para su establecimiento. Su objetivo contribuye a la determinación de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de la manera más aproximada posible, que sirvan de base para posteriormente formular planes de evaluación de su impacto ambiental y mitigación en la ciudad.

Un sistema de monitoreo de ruido inteligente cuenta con una serie de dispositivos capaces de detectar, medir y asociar el ruido generado por las diversas fuentes de ruido ambiental localizadas en su rango de medición de manera automática, así como de las variables ambientales y de tránsito relacionadas con el nivel de ruido. Como resultado de la operación de este sistema se obtendrá información completa, fiable y permanente del nivel de ruido en los puntos de medición.


El proceso para el establecimiento del sistema está contemplado en dos etapas, ilustradas en la Figura 6. La primera etapa corresponde al diagnóstico de la contaminación por ruido existente, la cual incluye la zonificación acústica, identificación de fuentes móviles y fijas y la determinación de los objetivos de calidad acústica, con base en los niveles de ruido y los estándares máximos establecidos en la Resolución 627 de 2006. La segunda etapa corresponde al establecimiento del sistema, lo que incluye la planificación, definición de técnicas de medición, manejo de información y mantenimiento y calibración de los aparatos o equipos.

- **Diagnóstico de la Contaminación por Ruido Existente**

Esta etapa hace referencia a la determinación de las condiciones del ruido ambiental existentes en el distrito y tiene como objetivo final contribuir al establecimiento del sistema en la medida que se pueden determinar los puntos críticos en los cuales debe ser medido el ruido ambiental.

- **Zonificación de Áreas Acústicas Acorde al POT**

La zonificación de áreas acústicas o zonificación acústica es el proceso mediante el cual se delimitan aquellas áreas o sectores (Según la Resolución 627 de 2006) que presentan el mismo objetivo de calidad acústica, es decir, que tienen el mismo nivel de sensibilidad al ruido (Diputación Foral de Bizkaia, 2014). El proceso de zonificación acústica deriva en la definición de la sensibilidad al ruido por parte de las diferentes zonas del territorio, reflejada mediante la asignación de unos objetivos de calidad acústica. El objetivo de calidad acústica está representado por el estándar máximo permisible de emisión de ruido, y corresponde

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	---	---

al conjunto de requisitos que, en relación con la contaminación acústica, deben cumplirse en un momento y en un espacio determinado.

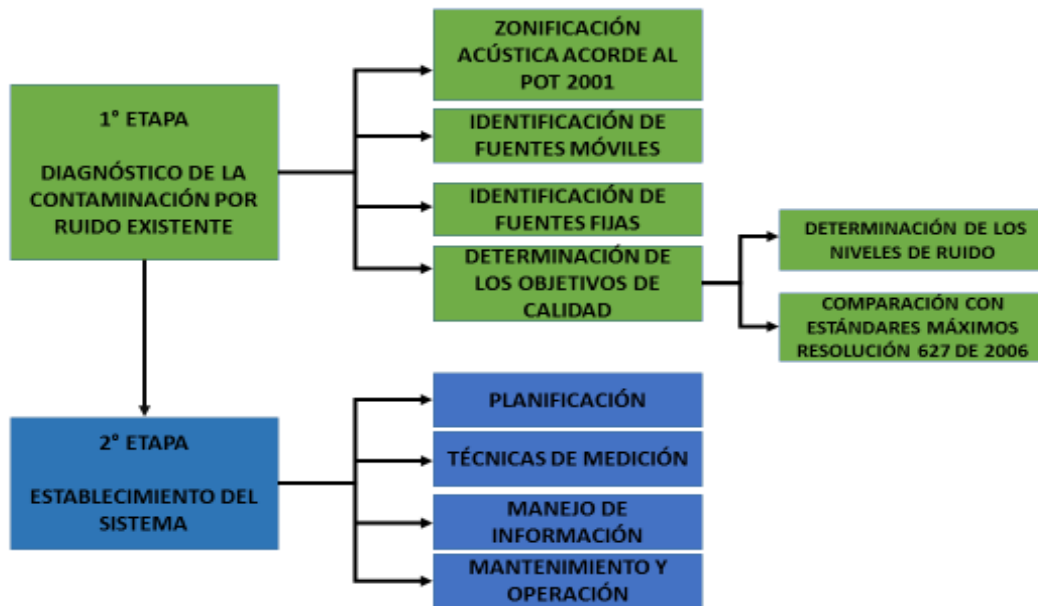



Figura 6. Flujo de procesos para el establecimiento del sistema inteligente de monitoreo de ruido ambiental.

La zonificación de áreas acústicas se realiza con base en cartografía existente, que represente los usos del suelo, fundamentada en los planes de ordenamiento territorial, como lo es el Decreto 0977 de 2001, y el análisis de posibles polos de desarrollo del territorio, de tal manera que sean delimitados de acuerdo a los sectores establecidos en la normativa colombiana, y de esta forma poder ser asignados los objetivos de calidad acústica. Como guía para la realización de la zonificación acústica, se muestra en la Figura 7 el mapa de la zonificación acústica de los barrios Centro y Getsemaní, el cual fue desarrollado con base en los usos del suelo formulados por el POT 2001, de tal forma que cada uso del suelo es representado por su respectivo sector, por ejemplo, al interior del Centro abunda el uso comercial e institucional, el cual corresponde al Sector C y en la zona perimetral abundan los parques en zonas urbanas, diferentes a los parques mecánicos al aire libre, correspondiente al Sector C. Sin embargo, dicha zonificación debe ser realizada teniendo en cuenta los subsectores definidos en la Resolución 627 de 2006, como está establecido en la Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental por sector en Colombia., para la totalidad el distrito.

Para la determinación de los sectores se debe tener en cuenta el uso predominante del suelo según lo formulado en el POT 2001 u otros relacionados, además, cuando en una zona coexistan diversos usos es necesario determinar aquel que sea predominante con base en el porcentaje de la superficie ocupada, y en caso de que se ubiquen en la misma

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

superficie de suelo, será tenida en cuenta el porcentaje de superficie construida. Así mismo, los límites de cada sector deben ser fácilmente identificables sobre el terreno y no ser excesivamente pequeños o fraccionados (CPOTU, 2010).

Como guía para la realización de la zonificación acústica, se muestra en la Figura 7 el mapa de la zonificación acústica de los barrios Centro y Getsemaní, el cual fue desarrollado con base en los usos del suelo formulados por el POT 2001, de tal forma que cada uso del suelo es representado por su respectivo sector, por ejemplo, al interior del Centro abunda el uso comercial e institucional, el cual corresponde al Sector C y en la zona perimetral abundan los parques en zonas urbanas, diferentes a los parques mecánicos al aire libre, correspondiente al Sector C. Sin embargo, dicha zonificación debe ser realizada teniendo en cuenta los subsectores presentes en el distrito, con base en lo establecido en la Tabla 2.

Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental por sector en Colombia.

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	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	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	70
	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	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas	65	50
	Zonas con usos institucionales		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales		

Fuente: Tomada de la Resolución 627 de 2006.

○ **Identificación de Fuentes Móviles**

La emisión de ruido por fuentes móviles es la más representativa entre las fuentes de ruido en los centros urbanos, la cual principalmente se localiza en las intersecciones vehiculares (Barreto Gómez & De León Barrios, 2009). Para la identificación de estas fuentes es necesario ubicar las intersecciones vehiculares previamente con base en el análisis de las variables relacionadas con el nivel de ruido generado, establecidas en la Tabla 3.

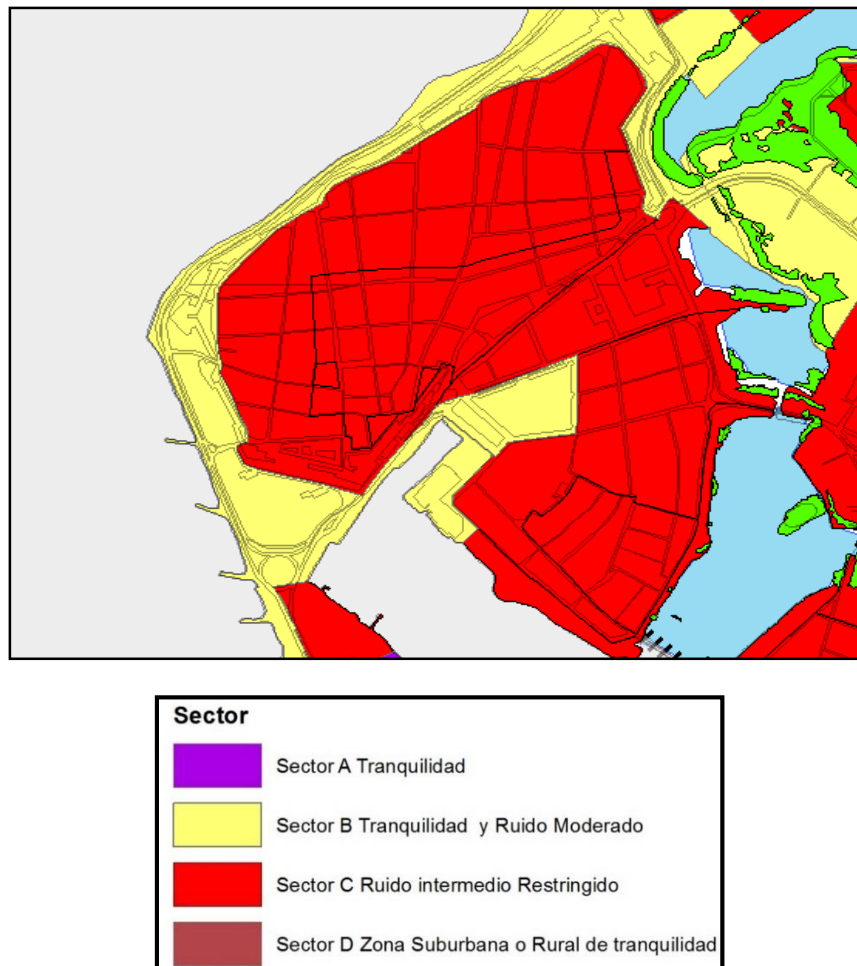



Figura 7. Mapa de la zonificación acústica de los barrios Centro y Getsemaní de Cartagena de Indias.

Con base en lo expuesto en la Tabla 3, para la escogencia de las intersecciones viales con mayor nivel de ruido debe tenerse en cuenta que las variables de mayor impacto sobre el ruido generado por fuentes móviles son los volúmenes de tránsito, los cuales, sin embargo van ligados a la jerarquización de la vía, y la composición y velocidades del flujo vehicular. Por tanto, a mayor volumen de tránsito y cantidad de vehículos pesados (camiones y

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

buses), así como mayor velocidad de flujo antes de la llegada a la intersección, mayor tiende a ser el nivel de ruido.


Tabla 3. Variables de análisis en la identificación de fuentes móviles representativas.

Variables de Análisis	Observaciones
Jerarquización.	Se clasifican según su función en: Arterias, Principales, Ordinarias y Troncales.
Volúmenes de Tránsito (TPDS o TPDM).	TPDS: Tránsito Promedio Diario Semanal TPDM: Tránsito Promedio Diario Mensual.
Estado de la Malla Vial.	Se debe clasificar la estructura del pavimento (Afirmado, Rígido o Flexible).
Composición y Velocidades de Flujo Vehicular.	Se deben clasificar en camiones, buses, automóviles y motocicletas.

○ **Identificación de Fuentes Fijas**

Las fuentes fijas son aquellas fuentes de emisión localizadas en un punto definido, es decir, que no varía su posición en el tiempo. Este tipo de fuentes de emisión de ruido se localizan principalmente en las zonas destinadas al uso comercial e industrial, así mismo, en puntos de elevada concentración de actividades humanas. La identificación de este tipo de fuentes debe realizarse teniendo en cuenta el uso destinado de la zona de ubicación y circundante a la fuente en estudio, ya que a partir de este se registrará su máximo nivel de emisión, por lo que se debe prestar especial atención a aquellas localizadas en los Sectores A y B definidos en la Tabla 2

Para llevar a cabo la identificación de las fuentes fijas representativas es necesario elaborar el inventario estimado de fuentes fijas, teniendo como base la recopilación de las quejas por ruido, estudios previos y mapas de ruido existentes. Posteriormente debe llevarse a cabo el reconocimiento de estas, a través de su inspección por parte del personal de trabajo, en el que se reconozca el predio (ubicación exacta, tipo de actividades desarrolladas y evidencia fotográfica) y de esta manera proceder a estimar de manera cualitativa su nivel

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

de emisión, es decir, mediante una inspección del personal de su emisión sin necesidad de equipos y elaborar de manera detallada el inventario de fuentes fija (Figura 8).



Figura 8. Proceso para la identificación de fuentes fijas.


De acuerdo a lo contemplado en la Resolución 627 de 2006 es necesario realizar la identificación descrita con anterioridad para los horarios diurno y nocturno independientemente. Además, debido a los rasgos culturales y actividad turística del distrito las actividades humanas tienen a variar durante diversas épocas del año, por lo tanto es necesario realizar distintos análisis para los periodos de Diciembre a Enero, por la elevada actividad turística y comercial y eventos desarrollados, Febrero a Junio, la cual es de poca actividad turística, y Junio y Julio, época con actividad comercial y turística moderada, y de Agosto a Noviembre, época con leve actividad turística.

- **Determinación del Cumplimiento de los Objetivos de Calidad Acústica**

El objetivo de calidad acústica o estándar máximo permisible de emisión de ruido corresponde a los requisitos aplicables a un espacio en un momento determinado con relación a la contaminación acústica, los cuales varían conforme a la sensibilidad del espacio al ruido (Diputación Foral de Bizkaia, 2014). Los objetivos de calidad acústica son asignados con base en la zonificación acústica, asignando a cada subsector contemplado en la Tabla 2 su respectivo límite de ruido ambiental permisible. La determinación del cumplimiento de los objetivos de calidad acústica en una zona debe ser realizada alrededor de cada una de las zonas aledañas a los sitios de ubicación de las fuentes móviles y fijas definidas con anterioridad, mediante la medición del nivel de presión sonora continuo equivalente empleando filtro de ponderación A (L_{RAeq}) con sonómetros clase 1 o clase 2 que cumplan con lo estipulado en norma IEC 61672-1:2002 (Echeverri Londoño & González Fernández, 2011) y siguiendo el protocolo descrito en el Capítulo II de la Resolución 627 de 2006, NTC3520, NTC 3521 y NTC 3522. Por lo tanto, aquellas zonas de elevado tráfico vehicular o sitios de fuentes fijas en los que sea superado el límite permisible en la mayor parte del día, serán definidos como puntos críticos. De igual forma, la información debe ser corroborada con base en estudios previos de los niveles de ruido existentes en el distrito.

- **Establecimiento del Sistema de Monitoreo Inteligente**

El establecimiento del sistema de monitoreo inteligente de ruido para el distrito de Cartagena de Indias debe ser llevada a cabo a través de la planificación del sistema, la definición de las técnicas de medición, manejo de la información y las consideraciones para

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	---	---

el mantenimiento y operación con base en lo estipulado en las guías y normativa para su adecuado desempeño.

o **Planificación del Sistema**

La infraestructura del sistema de monitoreo inteligente de ruido debe estar conformada por una serie de Estaciones de Monitoreo de Ruido (EMR) para la recolección de datos acerca de los niveles de ruido y condiciones meteorológicas simultáneamente en cada punto de manera continua, y aquellas que se ubiquen en los puntos de aglomeración vehicular es recomendable que cuenten con un sistema para la determinación del volumen vehicular; Los datos deben ser transmitidos a través de una red móvil (GPRS o GSM) a un centro de datos, en la que por medio de un software de monitoreo de ruido sean procesados e identificada su ubicación mediante georreferenciación y con la ayuda de un Servidor WEB conectado a las EMR a través de la red móvil es enviada la información para que posteriormente pueda ser mostrada con su respectiva ubicación en una determinada interfaz de usuarios; El esquema general se ilustra en la Figura 9. El sistema debe ser diseñado de tal manera que sea escalable, es decir, que puedan ser agregados más EMR, y los aparatos o equipos ajustados a las actualizaciones tecnológicas presentes en el momento de establecimiento del sistema.

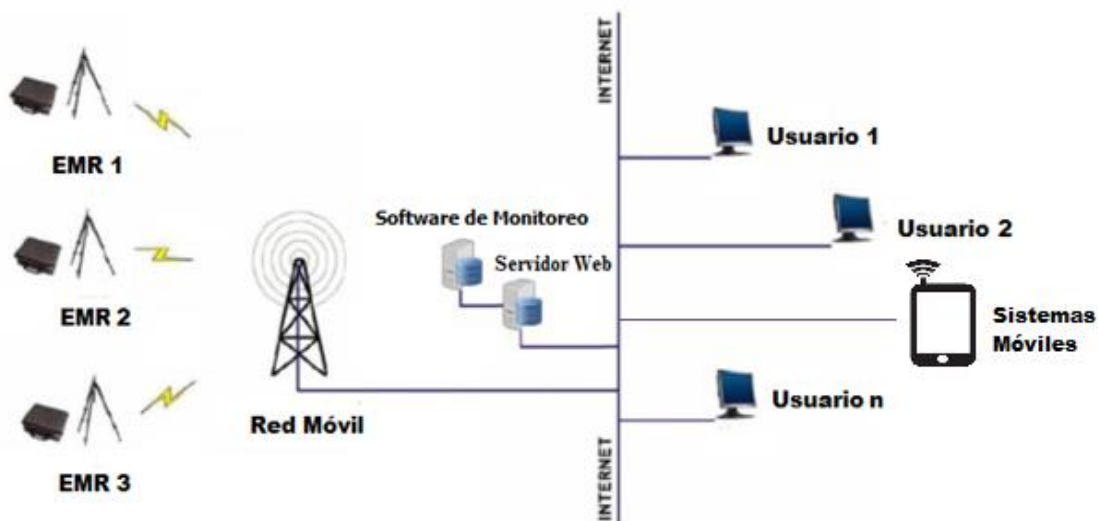



Figura 9. Infraestructura típica de un sistema de monitoreo inteligente de ruido.

Fuente: Modificado de (Cerniglia, y otros, 2015)

Cada EMR deberá estar conformada por un (1) aparato para la medición y almacenamiento de datos de ruido en todas las direcciones, como un sonómetro registrador de datos con micrófono omnidireccional, capaz de medir a lo largo del tiempo el nivel de presión sonora existente, y un (1) aparato para la medición de las condiciones meteorológicas, la cual puede ser una estación meteorológica capaz de determinar las condiciones atmosféricas

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

establecidas en la Resolución 627 de 2006, es decir, la velocidad y dirección del viento, precipitación, temperatura, presión atmosférica y humedad (Ver Figura 10). Además, se recomienda que las EMRs instaladas para el monitoreo de ruido en zonas de aglomeración vehicular cuenten con dispositivos para el conteo vehicular y que los aparatos para la medición de ruido cuenten con una pantalla anti viento.

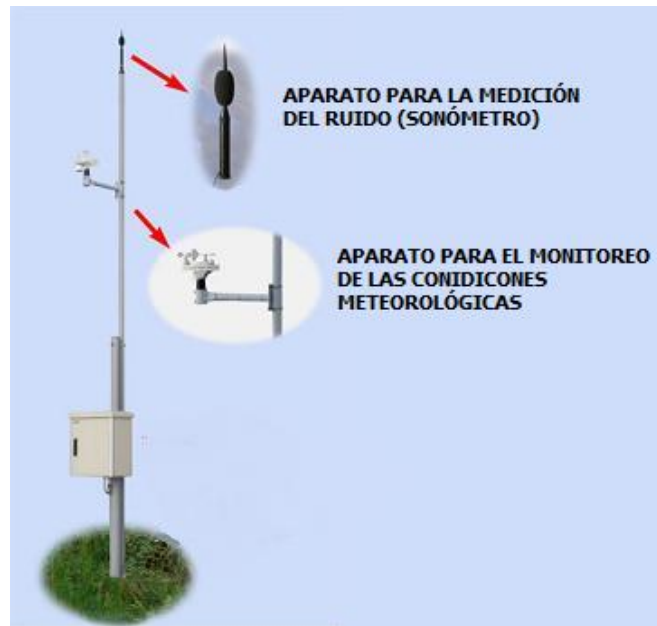



Figura 10. Esquema general de una Estación de Monitoreo de Ruido (EMR).

Fuente: Modificado de (Norsonic, 2015)

Los dispositivos que conforman cada EMR deben contar con un sistema de energía eléctrica, ya sea directamente al servicio público o por un sistema de baterías, y aquellos que estén expuestos a las condiciones ambientales deben soportar las variaciones de temperatura, humedad, corrosión (Dependiendo del nivel de exposición a sales) y lluvias.

Las EMRs deben ubicarse de manera estratégica cerca a los sitios con mayor población expuesta al ruido, que se determina con base en la zonificación acústica, el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica, la ubicación de fuentes fijas y móviles, y la densidad poblacional; De manera general, deben ser ubicadas en los puntos críticos definidos anteriormente con base en los objetivos de calidad acústica en los que exista alta presencia de población afectada, teniendo prioridad en los sectores de tranquilidad mostrados en la Tabla 2.

De acuerdo con la Resolución 627 de 2006, si el objetivo del monitoreo es la realización de un mapa de ruido, se recomienda que la distancia entre estaciones en sectores rurales no

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

sea mayor a 5 Km, en grandes aglomeraciones de personas y/o fuentes de ruido de 250 m y para el resto de 1 Km, así como garantizar que pueda ser medido el ruido sin interrupciones u obstáculos y que se cuente con las condiciones de accesibilidad, seguridad y cobertura de red móvil. Por tanto, en caso de que la distancia entre los puntos de aglomeración vehicular y de contaminación por fuentes fijas exceda lo establecido anteriormente, se deben ubicar puntos adicionales en sitios de importancia o de elevada población expuesta a ruido, con base en el Capítulo III de dicha resolución, que estipula su ubicación sobre grillas, establecidas teniendo en cuenta la zonificación acústica.


El montaje de la Estación de Monitoreo depende de las condiciones sonoras del sitio de estudio y la exposición a hurto y vandalismo, así como del tipo de emisión a medir, ya sea el ruido ambiental o el nivel de emisión de una fuente. De acuerdo con la Resolución 627 de 2006, para la medición de ruido ambiental debe garantizarse el cumplimiento del capítulo II, por lo que es recomendable que las EMR sean ubicadas en poste, los cuales deben ser distintos a los destinados para energía eléctrica, telefonía o alumbrado público con el propósito de independizarse de estas, sin embargo, estas pueden estar junto a la red de vigilancia como los de cámaras de vigilancia (Echeverri Londoño, 2009). De manera contraria, en caso de que se pretenda medir la emisión por una fuente móvil o fija independientemente, debe seguirse el protocolo establecido en el Capítulo I de la Resolución 627.

○ **Técnicas de Medición**

Las tecnológicas y métodos de medición implementados deben cumplir con los requisitos mínimos establecidos por la normativa colombiana e internacionales necesarias para el adecuado monitoreo de las condiciones existentes en el distrito. Además, debe garantizarse la correcta representatividad y cobertura espacial, y la consistencia de las mediciones en cada sitio a lo largo del tiempo (Echeverri Londoño, 2009).

Los aparatos o equipos para la medición de ruido deben ser sonómetros registradores de datos con integradores promediadores Tipo 1 o mínimo Tipo 2 que permitan el monitoreo continuo del ruido, estar dotado de un pistófono con filtro de ponderación A y un micrófono que permita captar el ruido, los cuales deben cumplir los demás requisitos establecidos en el Capítulo IV de la Resolución 627 de 2006 y la NTC 3428. Las mediciones deben realizarse de manera continua a lo largo del año, pero se recomienda que sea dividido el análisis en tres periodos a lo largo de este: Diciembre-Enero, Febrero-Junio y Junio-Julio y Agosto-Noviembre, por presentar distintas actividades a lo largo del año. Así mismo, se deben realizar los análisis para horario diurno y nocturno independientemente, es decir, entre 7:01 a.m. y 9:00 p.m. y 9:01p.m. y 7:00 a.m.; Sin embargo, pueden variar dependiendo de las necesidades de estudio, siempre que cumplan con lo establecido en la normativa colombiana.

Cada sonómetro registrador de datos debe medir el nivel de presión sonora equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$) en dB(A) con intervalo unitario de tiempo de medida menor a 15 min en intervalos de tiempo distribuidos uniformemente en las direcciones Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical, por lo que los equipos deben ser capaces de al menos cada 15 min

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	---	---

registrar dicho valor de presión sonora equivalente de manera continua. Además, las mediciones de las condiciones meteorológicas descritas anteriormente deben realizarse de manera simultánea a las de presión sonora y deben ser identificadas las fuentes de ruido y ajustarse a lo establecido en la norma ISO 1996.

Con base en lo especificado en la normativa colombiana, en caso de que las mediciones se realicen en bajo la influencia de vientos con velocidades mayores a 3 m/s debe realizarse una corrección a las curvas de respuesta de acuerdo a lo suministrado por el fabricante, así mismo, cuando existan lluvias, truenos o caída de granizo se debe registrar, debido a que las mediciones no deben ser tenidas en cuenta.

- **Manejo de Información**

La funcionalidad del sistema debe garantizar que sea medido el nivel de ruido e identificada su posición geográfica y posteriormente organizada e impresa en la interfaz de usuarios, como una central de control y monitoreo. Además, es recomendable que sea almacenada en la base de datos para su posterior visualización en una amplia línea de tiempo. Un posible diseño de la vista lógica del sistema se ilustra en la Figura 11, en la que se determina la posición y captura de información de los sensores, y después es organizada y notificada en la interfaz de usuarios.

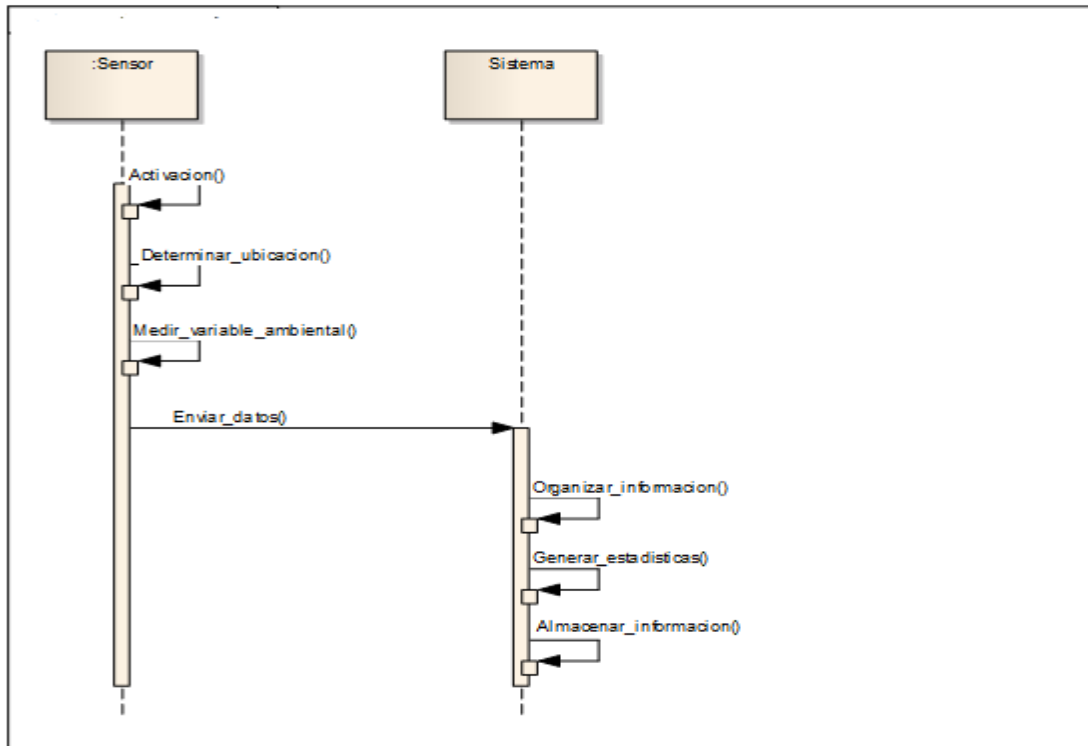



Figura 11. Diseño estándar de la Vista Lógica del sistema.


	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

De manera alterna, si el objetivo del monitoreo es la generación de mapas de ruido en tiempo real, en la central de datos debe emplearse un software de modelación de ruido, que se encargue escalar y enlazar la información de forma que se pueda publicar los resultados en una interfaz de usuarios, tal como Internet, de manera continua. (Norsonic, 2015)

En concordancia con lo establecido en la normativa colombiana, el sistema debe imprimir como resultado final los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A ($L_{RAeq,T}$) y los niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A residuales ($L_{RAeq,T,Residual}$) tanto para horario diurno como nocturno y teniendo en cuenta los estándares definidos para la medición.

- **Consideraciones para el Mantenimiento y Operación**

Debido a que las EMR deben realizar las mediciones de manera automática, es decir, de manera no asistida se debe tener sumo cuidado en el mantenimiento y calibración del sistema, por lo que estos en lo posible deben tener un sistema de comprobación automática de la calibración, como la calibración por inyección de carga (CIC) u otro similar que permita la calibración de manera remota, aunque frecuentemente debe ser revisado con el fin de determinar por medio de un pistófono u otro aparato similar que permita su calibración manualmente, que cumpla con la norma IEC 60942:2003.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

6. RECOMENDACIONES

El sistema inteligente de monitoreo de ruido ambientales puede llevarse a cabo por medio de diversas alternativas, que dependen principalmente de los objetivos del estudio y las condiciones de contaminación presentes al momento de su establecimiento, así como la demografía, normatividad, condiciones ambientales, seguridad, tráfico, entre otras. Sin embargo, algunas de las alternativas sugeridas para el desarrollo de los diferentes aspectos son:

- **Planificación del Sistema**

El sistema debe adaptarse a las condiciones del distrito, por lo que se recomienda periódicamente (a criterio de las directivas) realizar el proceso de análisis de cumplimiento de los objetivos de calidad acústica, con el fin de establecer nuevos puntos críticos; Esto implica que el sistema de monitoreo debe brindar la capacidad de ser escalable, para que puedan ser añadidas EMR.

El sistema debe ser abierto a la comunidad en general, de forma que puedan ser creadas plataformas de datos vía móvil capaces de imprimir los datos en tiempo real y que incluso los usuarios puedan contribuir en el desarrollo del monitoreo. Entre estas aplicaciones se encuentran NoiseTube y Learnometer. (Cerniglia, y otros, 2015)

La infraestructura del sistema puede contar con mediciones asistidas o automáticas, y no asistidas, de tal forma que pueda ser establecido además de las EMR fijas controles en algunos puntos del distrito, así como una serie de EMR móviles para la facilidad de medición de puntos en la totalidad del distrito, por lo que pueden destinarse EMR sobre vehículos automotrices referenciadas mediante un sistema GIS, tal como fue implementado en Madrid, España a finales de 2003; Una de estas EMR móviles se ilustra en la Figura 12.

La localización de sistemas de cada EMR dedicada a la medición de ruido ambiental puede realizarse por medio de instalación en poste, los cuales pueden ser semáforos o estructuras similares (Ver Figura 13) o vallas publicitarias siempre que esté acorde a la normativa colombiana.

- **Manejo de Información**

Entre los Software que pueden ser utilizados para el manejo de la información en caso de que se quieran tener mapas de ruido en tiempo real se encuentran DYNMAP, desarrollado por CadnaA, el cual no requiere recalculer la propagación del sonido para que sea ajustado a la realidad, el desarrollado por la Universidad de Gdansk, que permite la modelación en línea (European Acoustic Association-EAA, Association Belige des Acousticiens-ABA, Nederlands Akoestisch Genootschap-NAG, 2015) o SoundPLAN, para la modelación de la propagación del ruido en el aire (SoundPLAN, 2015).


	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	---	---



Figura 12. EMR móvil implementada en Madrid, España en 2003.

Fuente: (Cerniglia, y otros, 2015)

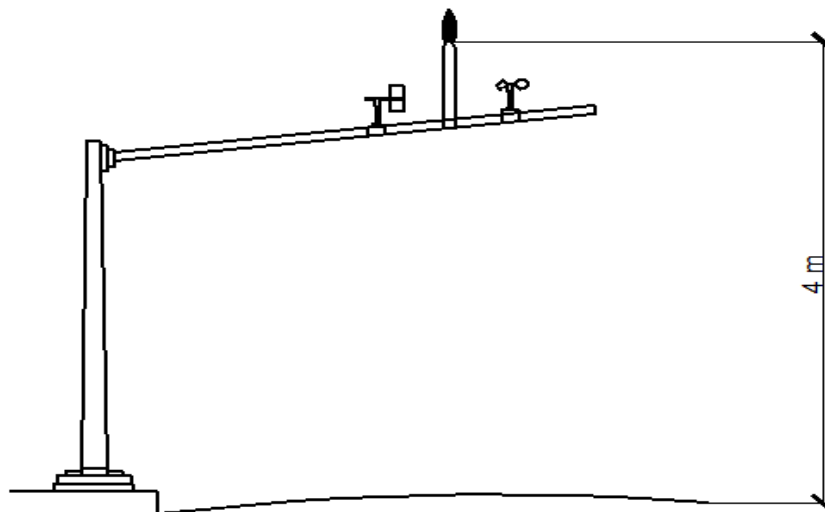



Figura 13. Ejemplo de montaje de EMR en Poste.

Fuente: Adaptado de (Echeverri Londoño, 2009)

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---


- **Estrategias para la Gestión del Ruido Ambiental**

Para la gestión del ruido ambiental es necesario llevar a cabo un conjunto de acciones enfocadas en garantizar el cumplimiento de los niveles adecuados de ruido ambiental en los sectores de la ciudad. Es esencial que los ciudadanos sean involucrados en las estrategias para la gestión tanto como agentes receptores como emisores, ya que estos son los originarios de aproximadamente la totalidad del ruido existente en los centros urbanos.


El punto de partida para el planteamiento de las estrategias de gestión es el efectivo diagnóstico de las condiciones existentes, que esté fundamentado en un monitoreo que garantice la identificación de las fuentes móviles y fijas de emisión de ruido en el distrito, así como el nivel de presión sonora emitido, su frecuencia y forma de propagación, así como la zonificación acústica y la población afectada en los distintos horarios a largo del año. Esta información debe ser complementada con la orografía del terreno y la presencia de muros, pantallas acústicas y barreras de propagación. (Diputación Foral de Bizkaia, 2010)

Con base en el diagnóstico, se procede a establecer planes orientados tanto en el control en la fuente, es decir, en el origen, como durante la propagación, desde los enfoques ejecutivo, que comprende medidas de prevención, corrección y preservación, legislativas, mediante acciones gubernamentales y de enseñanza a la ciudadanía, como talleres de concientización (Diputación Foral de Bizkaia, 2010). Entre los planes que pueden ser desarrollados para el control de ruido en el distrito se encuentran:

- **Gestión del Ruido por Tráfico en la Fuente:** Comprende los procesos enfocados en la reducción del ruido por tráfico motorizado desde su origen, orientadas a la disminución de la densidad, velocidad, que puede llevarse mediante acciones como el aumento de sitios de parqueo, redistribución de rutas, control del acceso a vehículos pesados o de elevada emisión en determinados horarios. Así mismo, debe garantizarse el adecuado estado de la superficie de rodadura, revisiones de emisión de vehículos (Principalmente por el mofle), uso de bocinas y otras de propagación, como es el uso de barreras acústicas.
- **Gestión de la Propagación del Ruido por Tráfico:** Incluye las acciones encaminadas en evitar o controlar la propagación del ruido por tráfico motorizado, y comprende métodos como uso de barreras acústicas o el diseño de edificaciones teniendo en cuenta los criterios acústicos, mediante el uso de elementos aislantes (Roads and Traffic Authority-RTA, 2001).


	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

- Control del Ruido por Fuentes Fijas: Está enmarcada por el conjunto de acciones que tienen como fin controlar la emisión y la propagación del ruido emitido por fuentes fijas tales como industrias, locales comerciales u otros relacionados, y comprenden acciones tales como el mejoramiento de los procesos de vigilancia y control de horarios de la emisión por ruido, así como el establecimiento de multas. De igual forma puede ser complementado con el diseño de edificios desde el punto de vista de la calidad acústica, tanto en los locales donde se origina como donde se percibe el ruido.


	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	---	---

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barreto Gómez, K., & De León Barrios, G. (2009). *Evaluación de la contaminación acústica en intersecciones de la ciudad de Cartagena*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
2. Botteldooren, D., Dekoninck, L., & Gillis, D. (2011). The influence of traffic noise on appreciation of the living quality of a neighborhood. *International Journal of Environmental Health and Public Health*, 8, 777-798.
3. Casas García, O., Betancur Vargas, C. M., & Montaña Erazo, J. S. (2015). Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. *Entramado*, 11(1), 264-286.
4. Cerniglia, A., Petz, M., Geberstein, R., Sevillano, X., Socoró, J. C., & Alías, F. (31 de Enero de 2015). *www.life-dynamap.eu*. Obtenido de <http://www.life-dynamap.eu/wp-content/uploads/2015/07/A1-Report-on-the-state-of-the-art-of-dynamic-noise-mapping.pdf>
5. Contraloría Distrital de Cartagena de Indias. (2011). *Informe Macro de Control Fiscal Ambiental 2008-2011*. Cartagena de Indias.
6. CPOTU. (13 de Abril de 2010). Obtenido de [http://www.puertoreal.es/riim/pgou/aprobdefpgou.nsf/wvDocumentosWeb/A3005ADB39C94E7FC1257571006A82C6/\\$File/4.7%20anexo%204.%20zonificaci%C3%B3n%20ac%C3%B3stica.pdf](http://www.puertoreal.es/riim/pgou/aprobdefpgou.nsf/wvDocumentosWeb/A3005ADB39C94E7FC1257571006A82C6/$File/4.7%20anexo%204.%20zonificaci%C3%B3n%20ac%C3%B3stica.pdf)
7. Diputación Foral de Bizkaia. (10 de Abril de 2014). Recuperado el 15 de Noviembre de 2015, de <http://www.bizkaia.net/home2/archivos/DPTO9/Temas/Pdf/RUIDO/RUIDO%20DEF/1C%20Guia%20para%20la%20Zonificaci%C3%B3n%20Acustica%20CASTELLANO.pdf?idioma=CA>
8. Diputación Foral de Bizkaia. (2014). *Guía Técnica para la integración de la gestión del ruido en el planeamiento estructural. Aplicación del Decreto 213/2010 sobre contaminación acústica en la CAPV*. Bizkaia.
9. Dreger, S., Meyer, N., Frome, H., & Bolte, G. (2015). Environmental noise and incident mental health problems: A prospective cohort study among school children in Germany. *Environmental Research*, 143, 49-54.
10. Duran Izquierdo, J., & Nuñez Guardo, M. (2010). *Generación de un mapa de ruido según el uso del suelo en el barro Bocagrande y el Laguito de la ciudad de Cartagena*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
11. Echeverri Londoño, C. A. (2009). Diseño de la red de vigilancia de ruido para los municipios que conforman el área metropolitana del Valle de Aburrá. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(14), 21-38.

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

12. Echeverri Londoño, C. A., & González Fernández, A. E. (2011). Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas. *Revista Ingenierías de Medellín*, 10(18), 51-60.
13. Establecimiento Público Ambiental - EPA. (2013). *Elaboración de los mapas digitales de ruido ambiental del perímetro urbano de la localidad 3 del distrito de Cartagena D. T. y C.*
14. Establecimiento Público Ambiental-EPA. (2011). *Elaboración de los mapas digitales de ruido ambiental del perímetro urbano de la localidades 1 y 2 del distrito de Cartagena D.T y C.*
15. European Acoustic Association-EAA, Association Belige des Acousticiens-ABA, Nederlands Akoestisch Genootschap-NAG. (2015). *www.conforg.fr*. Obtenido de <http://www.conforg.fr/euronoise2015/proceedings/data/articles/000571.pdf>
16. Instituto de Hidráulica y Saneamiento - IHSA. (2010). *Valoración de los niveles de riesgos ambientales el el distrito de Cartagena*. Universidad de Cartagena.
17. López Alvear, G. (7 de Septiembre de 2015). "La Calle de la Moneda era como entrar a un picó": comerciantes. *El Universal*. Obtenido de <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/la-calle-de-la-moneda-era-como-entrar-un-pico-comerciantes-205012>
18. Martínez Sandoval, A. (2015). Ruido por tráfico urbano: Conceptos, medidas descriptivas y valoración económica. *Revista de Economía y Administración*, 1-42.
19. Norsonic. (2015). *www.norsonic.com/en/*. Recuperado el Noviembre de 20 de 2015, de http://www.norsonic.com/en/applications/environmental_noise_monitoring/
20. Organización Mundial de la Salud - OMS. (1999). *WHO*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2015, de <http://www.who.int/docstore/peh/noise/introduction.htm>
21. Organización Mundial de la Salud - OMS. (2015). *World Health Organization*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_Spanish_lowres_for_web_revised.pdf
22. Quiñones Bolaños, E., Eljaiek Urzola, M., & Mouthon Bello, J. (2015). *Modelación Matemática del ruido generado por el tráfico vehicular en el área urbana de la ciudad de Cartagena de Indias*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
23. Redacción Cartagena. (27 de Septiembre de 2011). Continúa lucha del EPA contra el ruido. *El Universal*.
24. Redacción Cartagena. (2 de Julio de 2015). EPA adelanta campaña pedagógica contra el ruido en el Mercado de Bazurto. *El Universal*. Obtenido de <http://www.eluniversal.com.co/cartagena/epa-adelanta-campana-pedagogica-contra-el-ruido-en-el-mercado-de-bazurto-198595>
25. Restrepo Díaz, M. C. (2002). El ruido. Un contaminante del medio ambiente y sus efectos sobre la salud humana. *Revista Estomatología*, 10(1).

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre-2015</p>
---	--	---

26. Sobotova, L., Jurkovicova, J., Stefanikova, Z., Sevcikova, L., & Aghova, L. (2010). Community response to environmental noise and the impact on cardiovascular risk score. *Science of the Total Environment*, 408, 1264-1270.
27. SoundPLAN. (2015). www.soundplan.eu. Recuperado el 22 de Noviembre de 2015, de <http://www.soundplan.eu/english/products/soundplan-software/>
28. World Health Organization Regional Office for Europe. (2007). Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de http://sociale.regione.emilia-romagna.it/anziani/par/documenti/informazioni-dal-par/LARES_result.pdf
29. Diputación Foral de Bizkaia. (2010). *Guía Técnica para la Gestión del Ruido Ambiental en las Administraciones Locales: La acutación contra el ruido y la mejora del ambiente de nuestros municipios*. Bizkaia, España.
30. Roads and Traffic Authority-RTA. (2001). *RTA Environmental Noise Management Manual*. Australia.