

EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL GENERADO POR LAS ACTIVIDADES
EXISTENTES EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO DOBLE CALZADA
FUNDADORES/CIUDAD PORFÍA ETAPA 1 (K2+450 SECTOR ROCHELA -K5+097
SECTOR PORFÍA)



SARA MARÍA HINCAPIÉ ARDILA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2018

EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL GENERADO POR LAS ACTIVIDADES
EXISTENTES EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO DOBLE CALZADA
FUNDADORES/CIUDAD PORFÍA ETAPA 1 (K2+450 SECTOR ROCHELA -K5+097
SECTOR PORFÍA)

SARA MARÍA HINCAPIÉ ARDILA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director (a)

Esp. JUDITH TERESA MEJÍA LOZANO

Esp. Derecho del medio ambiente

Codirector (a)

Ing. ANGÉLICA MARÍA HINCAPIÉ ARDILA

Ingeniera Civil

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2018

Autoridades Académicas

P JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMANCA, O.P.

Rector General

P MAURICIO ANTONIO CORTES GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P JOSÉ ARTURO RESTREPO RESTREPO, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P FERNANDO CAJICÁ GAMBOA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

P CLAUDIA SOLANO HUERTAS

Secretaria de División Sede Villavicencio

P YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decana Facultad de Ingeniería Ambiental

Notas de Aceptación

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano de la facultad

JUDITH TERESA MEJÍA LOZANO

Director trabajo de grado

JENNY ALEXANDRA TRIANA CASALLAS

Jurado

YURY TATIANA CÁRDENAS

Jurado

Villavicencio, 30 de Julio de 2018

Dedicatoria

Dedico este logro, a mis padres, a mi hermana,

a mi familia por ser el pilar de mi vida,

por tanto amor, ejemplo y dedicación.

A Dios por ser mi guía.

Agradecimientos

Mi gratitud, vitalmente al Todopoderoso que me ha acompañado en cada paso de mi camino y se encarga de demostrarme su amor todos los días. Gracias con todo el corazón a mis padres, las dos personas más correctas, serviciales y amorosas que Dios pudo darme, por su apoyo y por formar la mujer que hoy soy. Gracias a la mejor hermana y amiga del mundo por ser mi fuerza.

Gracias la Universidad Santo Tomás, mi alma máter por verme crecer más, por las personas valiosas que me permitió conocer y por los conocimientos brindados. A mis docentes, compañeros y amigos. Un reconocimiento especial a la Ingeniera Judith Teresa Mejía, por su apoyo y orientación en la elaboración de este trabajo de grado.

A la Unión Temporal Dobles Calzadas y a sus ingenieros, quienes me brindaron la oportunidad de realizar mi pasantía, explorar y aprender sobre mi carrera en este campo.

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen	13
Abstract	15
Introducción	17
CAPÍTULO 1	19
Planteamiento del Problema.....	19
Descripción del problema	19
Formulación Entorno al Problema	21
Objetivos	21
Objetivo general	21
Objetivos específicos	21
Justificación.....	22
Alcance del proyecto.....	22
CAPÍTULO 2	25
Antecedentes	25
CAPÍTULO 3	29
Marco de Referencia	29
Marco Teórico	29
Ajustes.....	31
Actividades generadoras de ruido en el Proyecto vial.	31
Marco Conceptual	32
Marco Legal	34
CAPÍTULO 4	40
Metodología	40
Fase 1: Mediciones de ruido	40
Revisión de documentación, fichas técnicas de maquinaria y equipos.....	40
Determinación de puntos de medición.	41
Monitoreo.....	42
Medidor de velocidad de viento digital.....	43

Procesamiento de la Información Recopilada.....	47
Fase 2: Análisis de comparación.....	50
Fase 3: Posibles medidas de manejo del ruido.....	50
CAPÍTULO 5.....	52
Resultados y Análisis.....	52
Fase 1: Mediciones de ruido.....	52
Revisión de documentación.....	52
Determinación de puntos y tiempos de medición.....	57
Tabla 23. Continuación.....	59
Ubicación estaciones de medición.....	59
Procesamiento de la información.....	61
Análisis estadístico.....	78
Mapas de ruido.....	87
Fase 2: Análisis de comparación.....	89
Fase 3: Posibles medidas de manejo de ruido.....	91
Conclusiones.....	94
Discusión y recomendaciones.....	96
Referencias bibliográficas.....	97
Apéndices.....	104

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Localización tramo de estudio	23
Figura 2. Flujograma de la metodología asignada para el presente estudio.....	51
Figura 3. Documentación ambiental factor ruido Proyecto 334 de 2015.	53
Figura 4. Elementos de Protección Personal Auditiva UTDC.....	56
Figura 5. Ubicación Estación 1 Ruido Ambiental	60
Figura 6. Ubicación Estación 2 Ruido Ambiental	60
Figura 7. Ubicación Estación 3. Ruido Ambiental	61
Figura 8. Mediciones de variables meteorológicas	63
Figura 9. Fórmula Valor equivalente resultante de la emisión (LAeq).....	64
Figura 10. Resultados Jornada Hábil horario diurno y nocturno Estación 1.	67
Figura 11. Resultados Jornada Hábil horario diurno y nocturno Estación 2.	68
Figura 12. Resultados Jornada Hábil horario diurno y nocturno Estación 3.	69
Figura 13. Resultados Jornada No Hábil horario diurno y nocturno Estación 1.	71
Figura 14. Resultados Jornada No Hábil horario diurno y nocturno Estación 2.	72
Figura 15. Resultados Jornada No Hábil horario diurno y nocturno Estación 3.	73
Figura 16. Emisiones de ruido maquinaria	78
Figura 17. Medias marginales dB(A) día hábil	84
Figura 18. Medias marginales dB(A) día no hábil.....	84
Figura 19. Velocidades del viento.....	85
Figura 20. Temperatura.....	86
Figura 21. Humedad relativa (%).....	87
Figura 22. Composición de vehículos mixta diaria.....	88

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Tipo de fuentes generadoras de ruido	29
Tabla 2. Actividades constructivas que emiten ruido importante.	32
Tabla 3 Horario Diurno y Nocturno Resolución 0627 de 2006.	34
Tabla 4. Descripción marco constitucional.	35
Tabla 5. Descripción marco legal para Normas Técnicas Nacionales e Internacionales sobre ruido.	35
Tabla 6. Descripción marco legal para Ley 99 de 1993.	36
Tabla 7. Descripción marco legal para Decreto Ley 2811 de 1974.	36
Tabla 8. Descripción marco legal para la Resolución 0627 de 2006.	37
Tabla 9. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A).	38
Tabla 10. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles DB(A) y clasificación de usos del suelo.	39
Tabla 11. Horario de trabajo de obra Unión Temporal Dobles Calzadas.	41
Tabla 12. Características generales de los equipos.	42
Tabla 13. Parámetros del estudio	44
Tabla 14. Mediciones ruido ambiental Jornada hábil.	45
Tabla 15. Mediciones ruido ambiental Jornada no hábil.	46
Tabla 16. Maquinaria UTDC para mediciones de ruido específico	46
Tabla 17. Organización de datos en Microsoft Excel	47
Tabla 18. Organización de datos en promedio por estación en Microsoft Excel.....	47
Tabla 19. Resultados Estudio de Ruido proyecto doble calzada 2007.....	53
Tabla 20. Maquinaria fija UTDC Porfía	56
Tabla 21. Horarios de medición	57
Tabla 22. Horarios de medición	58
Tabla 23. Ubicación medición de ruido específico a maquinaria y fechas de muestreo.....	58
Tabla 24. Promedio variables meteorológicas días hábiles y no hábiles	63
Tabla 25. Resultados dB(A) jornada hábil	66

Tabla 26. Resultado monitoreo ambiental hábil diurno	69
Tabla 27. Resultado monitoreo ambiental hábil nocturno	69
Tabla 28. Resultados dB(A) jornada no hábil	70
Tabla 29. Resultado monitoreo no hábil horario diurno	74
Tabla 30. Resultado monitoreo no hábil horario nocturno.....	74
Tabla 31. Promedio LAeq hábiles y no hábiles horario diurno	74
Tabla 32. Promedio LAeq hábiles y no hábiles horario nocturno.....	74
Tabla 33. Fuente de emisión de ruido para jornada hábil y no hábil.	75
Tabla 34. Resultados de mediciones de dB(A) maquinaria	77
Tabla 35. Distribución grupos de estudio.....	79
Tabla 36. Tabla ANOVA	81
Tabla 37. Comparaciones múltiples HSD (Diferencia Significativa Honesta) de Tukey	82
Tabla 38. Intervalos de confianza, varianza y desviación estándar por bloque horario.....	83
Tabla 39. Intervalos de confianza, varianza y desviación estándar en bloque día.	84
Tabla 40. Rangos de concentración de ruido	88
Tabla 41. Sectores para estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental.	90
Tabla 42. Comparación y estado de cumplimiento de la normatividad	91

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Mapa de ubicación geográfica de las estaciones de medición	104
Apéndice B. Certificado de calibración de equipos de medición.....	104
Apéndice C. Ficha 03. Estudio de Impacto Ambiental Doble Calzada V/cio-Acacias	115
Apéndice D. Fichas técnicas de la maquinaria	117
Apéndice E. Cálculos LAeq y promedios	122
Apéndice F. Ajustes de medición.....	134
Apéndice G. .Mapa de ruido	136
Apéndice H. Mapa de Distribución de dirección y velocidad del viento.....	137

Resumen

En el presente estudio se realizó una evaluación del ruido ambiental generado en el tramo entendido dentro del proyecto vial Doble Calzada Fundadores/Ciudad Porfía Etapa 1 (K2+450 Sector Rochela -K5+097 Sector Porfía) durante el periodo estudiado (Octubre 2017 – Mayo 2018 - 1), en la ciudad de Villavicencio. Para la identificación y establecimiento de los puntos de muestreo, y tiempos de medición, se siguieron los procedimientos contenidos en la Resolución 0627 de 2006. Se seleccionaron 3 Estaciones de muestreo a lo largo del tramo y se llevó a cabo la georeferenciación de las mismas. Seguidamente, se realizó el monitoreo de ruido en cada estación en periodos de tiempo de 2 horas con lapsos de 5 minutos en días hábiles y no hábiles en horario diurno y nocturno. Además, se tomaron niveles de ruido específico emitido por las máquinas en funcionamiento dentro de la obra en periodos de tiempo de 12 minutos con lapsos de 3 minutos. También, se obtuvieron datos en campo de velocidad del viento, temperatura y humedad relativa.

La lectura de los datos del sonómetro se logró a través del software QuestSuite Professional II en su versión de prueba, con los cuales se creó una base de datos en Microsoft Excel 2010. Posteriormente, se alcanzó un análisis estadístico de los datos obtenidos mediante el paquete IBM SPSS Statistics 21, construyendo un modelo personalizado tipo Cuadrado Latino para explicar los efectos principales que influyen en la variable principal (decibeles). Basado en este, se llevó a cabo un análisis de varianza calculando tamaño de dicho efecto. En paralelo, se hicieron cálculos de estadísticos descriptivos y gráficas comparativas evaluando también las variables meteorológicas tomadas en campo.

Necesariamente, se generaron dos mapas de ruido ambiental usando el programa ArcGis 10.2, para una interpolación IDW (Ponderación de distancia inversa), seguida de una Extracción de valores múltiples a puntos, para especificar el rango de los datos y así usar la interpolación Kriging para generar la superficie estimada del conjunto de puntos que contienen los niveles de decibeles obtenidos y su comportamiento en la zona. Adicionalmente se realizó un mapa que explica la posible relación de la dirección del viento con la intensidad de decibels presentada, mediante la herramienta de Crear red para la generar la dirección del viento y su forma de dispersión en la zona.

De acuerdo a los niveles de ruido obtenidos en las 3 estaciones de muestreo, se determinó el nivel de cumplimiento de estos respecto a los estándares máximos permisibles estipulados en la norma. Finalmente se proponen medidas de mitigación de acuerdo a los resultados obtenidos.

Palabras Clave: Ruido Ambiental, Sonómetro, Ruido específico, Proyecto vial.

Abstract

This paper has been prepared based on research undertaken to evaluate and environmental noise generated within the Double carriage enhancement Project “Fundadores/Ciudad Porfía Section 1 (K2+450 Rochela Area -K5+097 Porfía Area), during the period studied (October 2017 to May 2018) in Villavicencio, Meta. In order to identify and establish the points for discussion and determine measurement times, it is required to use the procedure contained an established by the resolution 0627 of 2006. Three sampling stations were selected along the subject section mentioned above and geo-referencing was carried out on these stations. Noise monitoring was also performed at each station in periods of 2 hours with laps of 5 minutes during weekdays both working and non-working days during daytime and night-time. In addition, specific noise emitted by the machines in operation during working hours in periods of time of 12 minutes with laps of 3 minutes was assessed. The variables of wind velocity, temperature and relative humidity were also evaluated in this research.

The reading of the data of the sonometer was achieved using QuestSuite Professional II software (trial version), which enabled the creation of a database in Microsoft Excel 2010. Subsequently, a statistical analysis was reached using the data obtained through the statistic package IBM SPSS Statistics 21, building a custom Latin square type model to explain the main effects affecting the main variable (decibels). Based on this, an analysis of variance was carried out by calculating the size of that effect. Calculation of descriptive statistics were made alongside, as well as benchmarks evaluating also the meteorological variables taken in the subject project.

It was needed to generate two maps containing environmental noise using ArcGis 10.2 for a IDW interpolation (inverse distance weighting), followed by a multi-point value extraction which were used to specify the range of date and subsequently used Kriging Interpolation to generate an estimated surface containing a group of point contained in the different decibel levels gathered as well as their behaviour in the area.

Additionally, a map that explains the possible relationship of wind direction with the intensity of decibels presented was drawn up, using the Create network tool in order to generate the wind direction and its dispersion form in the area.

In accordance with the noise levels obtained in the 3 sampling stations, it was determined whether the level of compliance of these, comply with the maximum permissible standards stipulated in the standards norms. Finally mitigation measures were proposed according to the results obtained.

Key words: Environmental Noise, Sonometre, specific Noise, Road project.

Introducción

El ruido es identificado como uno de los problemas a resolver por la salud ambiental, que por su dimensión social es potencialmente nocivo en el ambiente y puede inferir en peligrosidad inmediata o gradual de conseguir un daño y peor aun cuando se transfiere en grandes cantidades a individuos que son expuestos. Es una gran preocupación para la sociedad actual, con peso en la legislación laboral y cada vez más en la relacionada con la población en general (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN), 2010).

Los antecedentes disponibles sobre la exposición al ruido son generalmente pobres en comparación con aquellos que miden otros problemas ambientales y esto mismo se debe a las diferentes medidas y métodos de evaluación para su realización. No obstante, a nivel global, Japón es el país más ruidoso del mundo, seguido de España donde se considera que Madrid es una de las capitales más ruidosas en todo el mundo, según estudios realizados por la OMS. Por otro lado, estudios de la Unión Europea, asegura que 80 millones de personas al día están expuestas a niveles de ruido ambiental superiores a 65 decibeles, fracción Audible. Otros 170 millones, se exponen a niveles entre 55-65 decibeles diariamente (Amable, Méndez, Delgado, Acebedo, & Marta, 2017).

Ahora bien, el Ministerio de Salud menciona que es importante tener en cuenta las siguientes cifras, en el marco de este documento:

Cerca de cinco millones de colombianos, es decir casi 11 por ciento de la población total, padecen problemas de audición y se estima que entre la población laboralmente activa de 25 a 50 años la prevalencia de la pérdida de audición por exposición a ruido es de un 14 por ciento (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015).

De acuerdo con lo anterior, Colombia se ha visto en la necesidad de modificar e incluir normatividad referente a este mismo tema a medida que se ha identificado el aumento de los efectos del ruido. En materia, la Resolución 0627 de 2006, emitida por el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, contiene tanto los valores máximos de decibeles permitidos, como los procedimientos para llevar a cabo mediciones de ruido. Tales procedimientos fueron acogidos dentro de la metodología del presente estudio, el cual se ejecutó por medio de tres

fases; fase 1 (Mediciones de ruido), fase 2 (Análisis de comparación) y fase 3 (Posibles medidas de manejo del ruido).

Por esto, la presente investigación surge con la iniciativa de responder a las necesidades de la empresa Unión Temporal Dobles Calzadas y su responsabilidad frente a la minimización del impacto generado por el ruido a la comunidad y al ambiente en medio del cumplimiento de la Licencia Ambiental otorgada para la ejecución de este proyecto vial.

CAPÍTULO 1

Planteamiento del Problema

Descripción del problema

La contaminación sonora se concibe como un sonido o ruido molesto, lo que implica un alto grado de subjetividad en sus mediciones y análisis de resultados. La Organización Mundial de la Salud (OMS) lleva más de 20 años estudiando la contaminación sonora y sus afectaciones a la salud por fuentes provenientes de circulación vial, ruido ocupacional y otras actividades. Lo que sí es reciente es el aumento del número de personas afectadas por el constante desarrollo de las medianas y grandes urbes, sin una adecuada planificación de los usos del suelo y de la rigurosidad que se requiere para el control y mitigación de las afectaciones que trae consigo la expansión urbana.

Hay diferencia en los términos, afectación y riesgo, desde lo ambiental, la afectación como carencia de la naturalidad del cambio en la salud de las personas y en la calidad de un recurso ambiental urbano, y riesgo en la posibilidad de disminuir el recurso natural o beneficio del recurso natural, por esto se hablará de afectación en cuanto se reconocerá los niveles de ruido urbano desde las fuentes generadores localizadas en una espacialidad urbana (Vélez & Espinosa, 2008).

Es inevitable no mencionar la grave afectación que el ruido ambiental urbano ha venido generando a la salud de las poblaciones e individuos pertenecientes a zonas urbanizadas, y es más notable aún el crecimiento de estas consecuencias a medida que la industria y la globalización se internan en las ciudades. “La exposición al ruido del tráfico está, además en el origen del 3 por ciento de los casos de tinnitus, un fenómeno perceptivo que se caracteriza por los continuos silbidos en el oído. Científicos de la OMS, que llevaron a cabo el estudio, señalan que la exposición a niveles de ruido de 50 o más decibeles, basta para originar problemas cardiovasculares” (Mario Noriega y Asociados Ltda., 2008).

Según Ellen Mason, enfermera especializada en enfermedades cardíacas de la British Heart Foundation, citada por la agencia británica PA: “El estrés puede en algunos casos desencadenar un ataque cardíaco en personas que padecen ya una enfermedad cardiovascular”. LONDRES (EFE). Sin embargo, el ruido no ha tenido prioridad en los programas de los gobiernos, dicen los expertos,

porque no es tan obvia como las emanaciones del diesel ni la pestilencia de los canales urbanos (Mario Noriega y Asociados Ltda., 2008).

Uno de los ejes principales en los planes de desarrollo municipal y departamental del país, es la proyección de la infraestructura vial; en estos términos, tanto el personal labor en cada uno de los frentes de obra, como la población que pertenece del área de influencia directa de los proyectos, pueden resultar directamente afectados en cuanto a su salud se refiere. De acuerdo a un estudio realizado por el Ministerio de Protección Social de Colombia y la Pontificia Universidad Javeriana, para el año 2006, las enfermedades laborales en Colombia, presentaron la cifra más alta registrada en la historia del país, donde de cada 100.000 trabajadores, 55 fueron diagnosticados con enfermedades laborales. Se resalta que las cinco enfermedades más comunes fueron: sobre uso de miembros superiores, dolores lumbares, riesgos respiratorios, hombros dolorosos y la hipoacusia neurosensorial¹ (Gonzáles, 2009). Estas cifras deben tomarse en cuenta como un índice inquietante para la gestión de la prevención de la hipoacusia neurosensorial laboral.

Las grandes obras pueden producir un impacto acústico y por vibraciones elevado sobre una zona habitada durante un periodo prolongado de tiempo. Aunque no sea posible eliminar completamente el ruido y las vibraciones, sí pueden tomarse medidas encaminadas a disminuir, monitorear y prevenir sus efectos. (Acustinet Ambiente SL, s.f.) El control de estos niveles de ruido por debajo de los límites permisibles, permite reducir los problemas de salud ocupacional que estas actividades puedan generar, así como atenuar las incomodidades producidas a la comunidad. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010)

Bajo la aprobación que tuvo el Estudio de Impacto Ambiental formulado en el año 2007 para la adquisición de la Licencia Ambiental (otorgada mediante la Resolución 0205 de 2009) para el proyecto vial “Doble Calzada Villavicencio –Acacias K0+000 (Parque Fundadores) – K5+000 (Ciudad Porfía)”, se debe tener en cuenta que los estudios base (Estudio de Impacto ambiental, Plan de Manejo Ambiental, Estudio de ruido) formulados entre los años 2007 y 2008, podrían considerarse como información poco válida y obsoleta, ya que la ejecución de la primera etapa del proyecto se dió inicio en el año 2016, casi 9 años más tarde.

Es pertinente indicar que dentro del Estudio de Impacto Ambiental y la Licencia Ambiental, se plantearon netamente como recomendaciones, mediciones de niveles de ruido dentro del grupo de

¹ Hipoacusia neurosensorial: Disminución de la sensibilidad auditiva. Puede presentarse en forma unilateral, cuando afecta a un solo oído, o ser bilateral cuando ambos oídos lo están. (Mutualidad Argentina de Hipoacusios (MAH), 2018)

medidas a implementar para el manejo de fuentes de emisiones y ruido durante y después de la ejecución del proyecto. De modo que para monitorear y prevenir este tipo de emisión se exige únicamente la certificación ambiental para la maquinaria y el equipo.

Formulación Entorno al Problema

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente proyecto se desarrolla teniendo como fin obtener información primaria válida para darle respuesta a la cuestión como ¿Cuáles son los niveles de ruido que se generan en el tramo (K2+450 Sector Rochela -K5+097 Sector Porfía) con las actividades en desarrollo del proyecto Doble Calzada Fundadores/Ciudad Porfía Etapa 1, y su cumplimiento normativo, durante el primer semestre del 2018?

Objetivos

Objetivo general

Determinar los niveles de ruido ambiental que se generan en las actividades de la Etapa 1 del proyecto Doble Calzada Fundadores/Ciudad Porfía (K2+450 Sector Rochela -K5+097 Sector Porfía), mediante un monitoreo de ruido, para generar medidas de control y/o mitigación como aporte al plan de manejo ambiental del proyecto.

Objetivos específicos

- Establecer mediciones de ruido en puntos específicos del tramo de estudio, de acuerdo a la metodología de medición descrita por la Resolución 0627 de 2006.
- Analizar de forma comparativa los resultados de las mediciones actuales con los parámetros que establece la Resolución 0627 de 2006, verificando así su cumplimiento.
- Proponer medidas de manejo ambiental del ruido a corto y mediano plazo, que obedezcan al control y/o mitigación que pueda generar este aspecto.

Justificación

El presente trabajo se enfoca en determinar los niveles de ruido ambiental que generan las actividades de la ejecución de la Etapa 1 de la Doble Calzada Fundadores/Ciudad Porfía, con el fin de aportar al proceso de gestión y al plan de manejo ambiental del proyecto. Para la Unión Temporal Dobles Calzadas y para el buen seguimiento del proyecto, es de gran importancia este tipo de estudios de medición de factores contaminantes como lo es el ruido, porque se puede obtener información primaria confiable de estas emisiones; lo anterior, con el objetivo de analizar las alteraciones que generan las actividades en desarrollo de dicho proyecto en cuestión de ruido. Además, se evalúan los requerimientos de la empresa, en este caso el análisis de ruido, teniendo en cuenta que no se trata de ningún trabajo con intereses más allá de los netamente académicos y empresariales, donde se buscan realmente las falencias en asunto socioambiental en relación con las alteraciones que el ruido produce.

De esta forma, el proyecto permite determinar y evaluar de una forma aproximada el proceso que la gestión ambiental ha presentado con respecto al ruido, a partir de los resultados de esta evaluación, siendo posiblemente un aporte al Plan de Manejo Ambiental del proyecto y a las acciones de mejora continua de la empresa, favoreciendo al mismo tiempo a la entidad del Estado contratante y a la comunidad del área de influencia del proyecto.

Este proyecto es formulado para conocer los niveles de ruido que generan las actividades existentes en la ejecución de la Doble Calzada Fundadores/Ciudad Porfía, en su Etapa 1 (K2+450-K5+097); durante el periodo estudiado (octubre 2017 a Junio de 2018), respondiendo a las necesidades de la empresa Unión Temporal Dobles Calzadas y su responsabilidad frente a la minimización de la afectación generada por el ruido a la comunidad y al ambiente.

Alcance del proyecto

Villavicencio, capital del departamento del Meta, es el centro comercial más importante de los Llanos Orientales. Está situada en el Piedemonte de la Cordillera Oriental, al noroccidente del departamento, en la margen izquierda del río Guatiquía y cuenta con una población urbana de 961.334 habitantes en 2005 según censo del DANE. Presenta un clima cálido y muy húmedo, con temperaturas medias de 27 °C. (Alcaldía de Villavicencio, 2015)

El proyecto Vial se encuentra localizado específicamente entre las Coordenadas Geográficas Kilómetro 0= N: 104° 07'10.4" W: 073° 38'43.7" y Kilómetro 5= N: 104° 05'12.4" W: 073° 40'22.1" en la vía que de la capital metense conduce al municipio de Acacias (Ver *Figura 1.*). El área total involucrada se estima en 40 Hectáreas, que comprende el tramo de vía existente, el proyectado y el área de influencia directa del proyecto.



Figura 1. Localización tramo de estudio, Elaborado por Sara María Hincapié Ardila, 2018, basado en Google maps

Los asentamientos humanos que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto hacen parte de la Comuna 8 de Villavicencio y son: Catumare, La Rochela, Vereda Montecarlo, Montecarlo Alto y bajo, Rincón de Las Lomas, Samán de la Rivera, Ciudad Porfía. Todas estas urbanizaciones tendrán contacto directo o indirecto con el proyecto. (Agencia para la Infraestructura del Meta, 2016)

La ejecución de este proyecto se desarrolló durante 8 meses, correspondientes al periodo académico 2017-2 y parte de 2018-1, comenzando a partir del mes de octubre con la revisión de la información existente entregada por la empresa contratista y la programación con la misma entidad sobre el monitoreo de ruido, teniendo en cuenta la disponibilidad de los equipos que ellos brindaron para la realización de los mismos. En los meses siguientes, se realizó el procesamiento

de la información y el análisis de los resultados sobre los niveles de ruido presentados a lo largo del área de estudio.

En relación con ruido ambiental se determinaron 3 Estaciones de muestreo a lo largo del tramo de estudio, donde se realizó la toma de 25 datos de decibeles por estación en cada jornada de muestreo utilizando un sonómetro Quest SoundPro DL 1-1 tipo 1, entendiéndose que, hubo muestreo de datos en un día hábil y en un día no hábil, en lapsos de dos (2) horas con intervalos de cinco (5) minutos en horario diurno y nocturno para cada una de las estaciones. Teniendo un total de trescientos (300) datos de decibeles medidos en campo. Adicionalmente, se tomó la misma cantidad de datos para las variables meteorológicas de velocidad del viento (m/s), humedad relativa (%) y temperatura (°C) en las estaciones descritas, haciendo uso de un termohigrómetro LCD y un anemómetro Fishtec. Respecto a ruido ambiental, se tomaron datos de decibeles a cinco (5) máquinas que trabajan fijas dentro del proyecto. La frecuencia de la medición fue de cinco (5) tomas cada tres (3) minutos para obtener quince (15) datos de decibeles por máquina.

CAPÍTULO 2

Antecedentes

La Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, emitió en el año 2004 el artículo informativo “La gestión del ruido en el sector de la construcción”, el cual se emite con el fin de informar sobre varios temas importantes en este ámbito como lo son las generalidades teóricas del tema, la gestión que debe aplicarse al ruido durante todas las fases de un proyecto constructivo, la evaluación del mismo, la legislación aplicable, la eliminación del ruido, su control según su fuente y las medidas colectivas para aplicar, equipos de protección personal exigidos, vigilancia y seguimiento de la salud, entre otros temas. (Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2004) Este tipo de documentos que expiden las grandes organizaciones internacionales aportan en los lineamientos sobre el tema de la gestión del ruido en este tipo de industria, creando una base teórica válida e importante para las personas interesadas en este tema. Este artículo comunica sobre los aspectos más importantes de la gestión y manejo del ruido en la construcción, planteando medidas de control del ruido desde su fuente, adicionalmente dirigidas a las comunidades afectadas.

La Universidad Austral de Chile en el año 2007 junto a la Escuela de Ingeniería Acústica, presento una “Base de Datos de Niveles de Ruido de Equipos que se usan en la Construcción” como tesis de grado de uno de sus estudiantes. Este documento tiene como resultado una base de datos de fácil manejo en formato Excel que puede ser sostenida a lo largo del tiempo, en ella se recogieron especificaciones técnicas de un variado número de fuentes, con sus respectivos niveles de presión sonora continuo equivalente, medidos para diferentes situaciones de carga y distancia de referencia, las cuales permitan alimentar las fórmulas de predicción, en una forma más precisa. (Mosquera, 2003) Que se haya obtenido una base de datos que pueda ser sostenida y utilizada a lo largo del tiempo, indica como resultado principal de este estudio, que se obtuvo un patrón que puede ser modelado y estudiado al pasar de los años, ofreciendo una herramienta estadística y fundamental para los próximos estudios de ruido en dicha zona y como referencia en otras evaluaciones de este tipo de contaminación en todo el mundo. En pertinencia con este proyecto, esta base de datos de niveles de ruido de equipos que se usan en la construcción es de importante utilidad para observar el comportamiento que tienen las emisiones ruido de esta maquinaria

teniendo un estudio de referencia sobre la influencia de estas en áreas pobladas. Además, aporta al proyecto objeto de estudio en este documento, algunas formas de control de ruido en los lugares de construcción.

En el año 2007, la firma ODINSA dentro de la línea base ambiental del proyecto Segunda Calzada Villavicencio – Acacias sector Parque Los Fundadores (K0+00) – Ciudad Porfía (K5+00), presentaron un informe que contiene los resultados del Monitoreo de Calidad de Aire y ruido de dicha área. El documento contiene los objetivos de estudio, la metodología empleada para los monitoreos y sus respectivos análisis. Por último, se incluyen los resultados obtenidos en los muestreos y mediciones, así como su comparación con la norma vigente para ese entonces. (ODINSA S.A., 2007) Este estudio es de vital importancia como documento base para el presente proyecto, ya que se cuenta con información primaria confiable acerca de los niveles de ruido encontrados en ese año y así relacionar los mismos con el paso del tiempo y las actividades realizadas en la zona.

Del conjunto de fuentes de ruido que actualmente aportan las emisiones más significativas, el ruido de tráfico ocupa una posición notoria. Esto resalta, la importancia de conocer y aplicar técnicas de evaluación de su afectación, para la protección de las personas en cuanto a contaminación acústica se refiere. La Universidad Politécnica de Valencia, España, realizó en el año 2008 el estudio sobre “Efecto de la inserción de nuevas infraestructuras viales en el ruido de tráfico”. En la actualidad, debido al ritmo de vida de la sociedad, se han asociado de forma creciente nuevas infraestructuras como las rotondas y los resaltos. En este trabajo se estudia “la influencia de algunos de estos elementos en el tráfico rodado, estudiando cómo afectan al nivel de ruido producido, los posibles cambios de la “firma acústica” de un vehículo al paso de estos elementos, en diferentes condiciones”. (Del Rey, Alba, & Escuder, 2008) Como aporte, este estudio refiere como soluciones viables, estructuras en la vía que disminuyen la velocidad del tráfico rodado y por ende, que se puede evaluar si estas aportan al aumento o por el contrario afectan los niveles de ruido de los vehículos en las vías. De esta forma se puede descartar o tener en cuenta este tipo de soluciones para la mitigación del ruido producido por las fuentes móviles.

De la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín en el 2009, la estudiante Claudia Lucia Zuluaga presenta como trabajo de grado para la obtención del Magister en Medio Ambiente y Desarrollo, el trabajo titulado “Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia, caso de estudio: Municipio de Envigado”, donde presenta un estudio del “impacto producido por el tráfico

rodado y su composición, sobre los niveles de presión sonora encontrados en el área urbana del municipio de Envigado (Antioquia, Colombia)”. El estudio se basó en las medidas obtenidas durante la realización del mapa de ruido de este municipio y se estudiaron varios parámetros acústicos (L_{eq} (dBA), L_{10} (dBA) L_{90} (dBA)), tratados en el espacio y en el tiempo, tales variables fueron cuantificadas en cercanía a las vías principales del municipio. Partiendo de las observaciones realizadas en campo y para apreciar los niveles de presión sonora ambiental en la zona urbana, este estudio obtuvo un modelo matemático el cual presenta un buen coeficiente de correlación y con el cual se confirmó la estrecha relación existente entre el alto flujo vehicular y los resultados obtenidos. (Jaramillo, Gonzalez, Betancur, & Correa, 2009)

En Colombia, evidentemente, las investigaciones en la profundización y formalización de los procedimientos y metodologías para llevar a cabo estudio de ruidos de fuentes fijas, han incrementado considerablemente, y con esto, la rigurosidad de la obligación que tienen las Corporaciones Autónomas Regionales en monitorear este contaminante mínimo cada cuatro (4) años. Partiendo de las falencias que muchos expertos en ruido en Colombia, han identificado en dichos procedimientos de medición descritos en la Resolución 0627 de 2006, la Revista de Ingenierías de la Universidad de Medellín, en el 2011, publicó un artículo científico titulado “Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas”, donde se encuentra una complementación y descripción explícita de la metodología que plantea la Resolución vigente en Colombia para mediciones de ruido, pero se añaden algunas modificaciones que a fin de cuentas mejora este proceso. (Echeverri & González, 2011) Es totalmente pertinente y aportante para este tipo artículos científicos que sugieren mejoras oportunas a los contenidos de las resoluciones

Para el año 2015, en la ciudad de Gijón, España, como parte del proceso de redacción de la Evaluación preliminar de impacto ambiental (EPIA) del proyecto de construcción del viario general de acceso a la Estación Intermodal de Mercancías en ZALIA, fué elaborado y presentado un Estudio de Ruido. La Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente del Principado de Asturias solicitó al equipo redactor del EPIA, un estudio acústico del flujo vehicular producido por la actividad industrial. El objeto de este proyecto consiste en “la predicción de los niveles sonoros generados por el proyecto constructivo en la fase de explotación, valorando los impactos y analizando diferentes medidas correctoras para dar cumplimiento a los límites en los niveles acústicos que establece la legislación vigente”. (Getinsa-Payma, 2015) En el mismo

ejercicio, discriminando el ruido de fondo, se consideraron los niveles de ruido actuales partiendo de mediciones in situ en puntos delicados. (Getinsa-Payma, 2015)

En Chile, y como condición del proceso histórico de crecimiento del país, la bahía de Coronel pasó a convertirse en un polo industrial que sin duda trajo consecuencias positivas por las oportunidades laborales que se abrieron a los habitantes. Sin embargo, esta zona también se convirtió en un foco de contaminación auditiva por las diferentes actividades productivas y de comercio que allí crecen. Por estas razones, el Ministerio de Ambiente de Chile formuló en el presente año, dentro del Programa de Recuperación Ambiental y Social de Coronel un Estudio de Ruido Ambiental. En este estudio, evaluaron los niveles de ruido existen identificando y caracterizando inicialmente las fuentes de ruido para luego representar estos niveles en mapas de ruido y así evaluarlos respecto a la norma nacional vigente para finalmente proponer medidas para reducir los impactos del ruido. Por lo que respecta a los gobiernos de los países, tienen la responsabilidad social y ambiental de generar este tipo de programas, al mismo tiempo deben impulsar el desarrollo industrial de las ciudades porque los impactos al medioambiente son casi necesarios para todo tipo de avance en una sociedad. (Ministerio de Medio Ambiente de Chile, 2017)

CAPÍTULO 3

Marco de Referencia

Marco Teórico

El sonido es un factor ineludible en nuestro diario vivir y forma parte de las actividades cotidianas de los seres vivos. El sonido puede convertirse en un factor de molestia, y es en este punto donde empieza a ser ruido. “La presencia del sonido en nuestro entorno es un hecho tan común en la vida diaria actual que raramente apreciamos todos sus efectos. (Tolosa Cabani, 2003). Según Tolosa, el ruido es un contaminante de primer orden y puede generar unas patologías específicas. (Tolosa Cabani, 2003)

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, clasifica las fuentes generadoras de ruido como de origen antropogénico o natural tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Tipo de fuentes generadoras de ruido

Fuente Generadora	Tipo De Fuente
Natural	Viento, sonido del mar, murmullo del agua, truenos, cascadas, entre otras. Tráfico vehicular: pitos, motores, alarmas, sirenas.
Antropogénica	Transporte: Aviones, trenes, barcos Industria, construcción, e.t.c. Actividades domésticas Discotecas, bares, espectáculos públicos y locales de esparcimiento Actividades militares

NOTA: Datos basado en el Documento de soporte de Normas de Ruido del IDEAM, (2006), Adaptado de (Chaparro & Linares, 2017).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) emitió la primera declaración internacional que estimó las consecuencias del ruido sobre la salud humana en el año 1972; en esta publicación se categorizó el ruido como un contaminante generalizado más del ambiente. No fué, sino hasta 1978 que el ruido fue catalogado como un contaminante específico en el marco de la Conferencia de Estocolmo. “Aquellas primeras disposiciones oficiales fueron ratificadas posteriormente por la entonces emergente Comunidad Económica Europea, CEE, que requirió a los países miembros un esfuerzo para regular legalmente la contaminación acústica”. (Cattaneo, Vecchio, López Sardi, Navilli, & Scrocchi, 2010)

En este sentido, las consecuencias del ruido pueden agruparse en auditivas y no auditivas de la siguiente forma:

- Auditivas: “El mecanismo de la pérdida de audición viene asociado con el fenómeno de la fatiga del nervio auditivo durante la exposición en la jornada laboral, lo que se traduce en pérdida de la sensibilidad auditiva”. (ODINSA S.A., 2008)
- No auditivas: “Los efectos nocivos no auditivos incluyen una serie de efectos fisiológicos (nauseas, aturdimientos, reducción del control muscular), interferencias en las comunicaciones orales con efectos negativos sobre el rendimiento y la seguridad de los trabajadores, efectos psicológicos que se manifiestan en disminución de la concentración, insomnio, fatiga mental, depresión e inducción de trastornos neuróticos y un incremento del estrés que puede revertir en efectos mayores”. (ODINSA S.A., 2008)

Innegablemente, la gran mayoría de las actividades antrópicas generan efectos, residuos y aportes de contaminantes al ambiente, el agua, el suelo y la atmósfera. En este sentido, el ruido, se añade actualmente en la lista de los contaminantes atmosféricos que genera cada vez más problemas de salud en las personas. “Desde mediados del siglo XIX y de manera progresiva la sociedad evoluciona hacia un modelo donde la presencia de ruido en el medio crece de manera paralela al bienestar”. (Tolosa Cabani, 2003)

Dando razón a lo anterior, en materia de desarrollo económico de las regiones y comunidades, la inversión gubernamental en infraestructura vial y mega obras civiles es parte fundamental en este proceso, que luego de terminadas, traerán consigo mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos. Indiscutiblemente el ruido es un efecto obligatorio en el desarrollo de las actividades constructivas de este tipo de proyectos.

Las grandes obras pueden producir un impacto acústico y por vibraciones elevado sobre una zona habitada durante un periodo prolongado de tiempo. Aunque no sea posible eliminar completamente el ruido y las vibraciones, sí pueden tomarse medidas encaminadas a disminuir su efecto. Las vibraciones generadas y transmitidas por los equipos de construcción pueden causar molestias y ser perjudiciales para las edificaciones situadas alrededor. (Acustinet Ambiente SL, s.f.)

El conocimiento de los niveles de ruido actuales o previstos en la zona en la que se realizará una obra civil, permite definir las actuaciones necesarias para efectuar la mitigación, control y

disminución del impacto del ruido en el ambiente, así como asegurar un nivel acústico aceptable en el futuro.

Ajustes.

Siguiendo la Resolución 0627 del 7 de Abril de 2006 emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, a los niveles de presión sonora se les debe realizar unos ajustes o correcciones dependiendo factores tonales, impulsivos, por condiciones meteorológicas, tipos de fuentes, receptores y horarios. (Resolución 0627, 2006)

Partiendo de la subjetividad del ruido y de las diferentes percepciones que tienen las personas de los sonidos según las fuentes emisoras, y el horario en el que son emitidos, se deben incluir ajustes a los niveles medidos o pronosticados. “Estos ajustes deberán sumarse aritméticamente al nivel de presión sonora continuo equivalente, según sea apropiado, cuando los niveles de exposición al ruido se pueden medir o calcular por separado”. (Echeverri & González, 2011) Estos valores corregidos de presión sonora pueden ser usados para proveer la reacción de los habitantes, ya sea satisfactoria o no, a la introducción programada de una fuente de ruido en el espacio público. (Barron, 2003) Como en esta evaluación se busca determinar los niveles de ruido y no el grado de molestia que produce el ruido, estos ajustes no deben hacerse.

Actividades generadoras de ruido en el Proyecto vial.

Las actividades que se desarrollan dentro de la planificación y ejecución de la construcción o en este caso, ampliamiento de una vía para tráfico rodado, depende de los componentes que el proyecto constructivo contemple. Para el Caso del Proyecto 334 de 2015 y en función de contaminación sonora, están incluidas en la *Tabla 2*. las actividades constructivas más importantes dentro del grupo de actividades que generan afectación por ruido:

Tabla 2. Actividades constructivas que emiten ruido importante.

ACTIVIDAD	MAQUINARIA Y/O EQUIPOS UTILIZADOS
Descapote de cobertura vegetal	Excavadora orugada, Retrocargador
Excavación para instalación de tubería para alcantarillado sanitario y sanitario	Excavadora orugada, Retrocargador
Excavación para cajeo de vía	Excavadora orugada, Retrocargador
Excavación para construcción de box coulverts – manejo de aguas	Excavadora orugada, Retrocargador
Extentido y nivelación de material de base y sub base para conformación de vía	Motoniveladora
Compactación de material de base y sub base para conformación de vía	Vibrocompactador

NOTA: Descripción de las actividades a realizar dentro del proyecto, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Marco Conceptual

“La Infraestructura Vial, es el medio a través del cual se le otorga conectividad terrestre al país para el transporte de personas y de carga, permitiendo realizar actividades productivas, de servicios, de distracción y turísticas” (Vallverdu, 2010); es así, como un componente un ejemplo de ésta es la Doble Calzada, entendida como la parte de la vía o carretera destinada a la circulación de vehículos, la cual cuenta con dos carriles en sentido norte- sur y dos carriles en el sentido contrario. (Ministerio de Transporte de Colombia, 2011). En donde se generan acciones o actividades que producen una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes medio. (Conesa, 2006), conocidas como impactos ambientales. Es por esto que es fundamental desarrollar la Gestión Ambiental, a la cual Conesa se refiere como “el conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del Medio Ambiente, basándose en una coordinada información multidisciplinar y en la participación ciudadana”. (Conesa, 2006).

Dentro de las afectaciones ambientales asociadas a la construcción de una doble calzada se encuentra el Ruido Ambiental entendido como “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”.

(Universidad Nacional de Colombia, 2007). Así mismo, se generan otros tipos de ruido como evidentemente lo es el Ruido Específico, que es el procedente de cualquier fuente sometida a investigación. Dicho ruido es un componente del ruido ambiental y puede ser identificado y asociado con el foco generador de molestias. (Resolución 0627, 2006). La diferencia entre estos dos conceptos, radica en que el ruido ambiental evalúa los valores de presión sonora en general en el ambiente, lo que puede incluir todo tipo de ruidos tanto de fuentes fijas como de fuentes móviles, tanto deseados como no deseados. El ruido específico estudia las emisiones de ruido de una fuente fija identificada.

Para estudiar y analizar éste tipo de impacto, se debe realizar un Monitoreo, el cual hace referencia a el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa en pos de la consecución de sus objetivos, y para guiar las decisiones de gestión. (ONU Mujeres, 2012); utilizando entre otros elementos el Sonómetro que es un instrumento de medición de presión sonora, compuesto de micrófono, amplificador, filtros de ponderación e indicador de medida, destinado a la medida de niveles sonoros, siguiendo unas determinadas especificaciones. (Resolución 0627, 2006), todo lo anterior para la recolección y clasificación de los datos.

Dentro de las variables a tener en cuenta se encuentra la décima parte del Bel, razón de energía, potencia o intensidad que cumple con la siguiente expresión: $\text{Log } R = 1\text{dB}/10.$, donde R= razón de energía, potencia o intensidad. (Susaeta, 2002) , este concepto es conocido como Decibel (Db). Como parte de las metodologías y herramientas existentes para el análisis estadístico de datos y que fue usada en este proyecto, se tiene el Cuadro Latino, conocido como una “matriz donde se controlan dos factores de bloque y se estudia un factor de tratamientos, por lo que se tienen cuatro fuentes de variabilidad que pueden afectar la respuesta observada, estas son: los tratamientos, el factor de bloque I (columnas), el factor de bloque II (renglones) y el error aleatorio”. (Gutiérrez & De la Vara, 2008). Como producto principal de los estudios de ruido como herramienta de análisis, se deben realizar mapas de ruido, lo cuales se definen como “la representación de los datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un indicador de ruido, en la que se indica la superación de un valor límite”, (Resolución 0627, 2006) entre otros aspectos. Los mapas de ruido son un instrumento “útil porque determina el grado de ruido al que está expuesto un determinado grupo de personas, a partir de este diagnóstico se realizan planes para prevenir y

reducir el ruido ambiental, es especial cuando éste es perjudicial para la salud”. (Iberacústica Control de Ruido y Vibraciones, s.f.)

Referente a los horarios de medición en lo que se realizan las mediciones de ruido, la Resolución 0627 de 2007 contempla los siguientes lapsos de tiempo como horario diurno y horario nocturno, como se muestra en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Horario Diurno y Nocturno Resolución 0627 de 2006.

Diurno	Nocturno
7:01 a las 21 horas	21:01 a las 7:00 horas

NOTA: Datos basados en la (Resolución 0627, 2006).

Marco Legal

El ruido ambiental causado por el tráfico, las actividades industriales, constructivas, y las derivadas del entretenimiento, constituyen uno de los problemas medioambientales de peso en nuestro país; aunque como ya es sabido, las acciones destinadas a reducirlo han sido menos priorizadas que las destinadas a otros tipos de contaminación como las del agua o las del aire (gases y material particulado). En Colombia, se ha visto la necesidad de modificar e incluir normatividad referente al ruido. Como es el caso, el presente estudio se ve regido principalmente por la Resolución 0627 de 2006, emitida en su momento por el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente. Dicha norma enmarca desde conceptos, procedimientos de medición de ruido, valores máximos permisibles, hasta metodología para creación de mapas de ruido e informes de estos estudios, entre otros aspectos. Por otra parte, el Decreto 1220 de 2005 se enuncia en el presente marco legal, debido a que el proyecto vial objeto de estudio, cuenta con Licencia Ambiental, la cual fue otorgada bajo los lineamientos de esta norma.

Tabla 4. Descripción marco constitucional.

Norma	Expedido por	Artículo	Alcance
Constitución Política de Colombia	Asamblea Nacional Constituyente	1.	Colombia es un estado social de derecho, participativo y con prevalencia del interés general.
		7.	El Estado reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la Nación colombiana.
		8.	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.
		79.	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.
		80.	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.
		95.	Son deberes de la persona y del ciudadano: 8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano

NOTA: Articulado relacionado con el proyecto y lo referente al manejo del ruido dentro del proyecto (Constitución Política de Colombia [Const.], 1991), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Tabla 5. Descripción marco legal para Normas Técnicas Nacionales e Internacionales sobre ruido.

Norma	Expedido por	Descripción
ISO 1996-2 de 2007	International Organization for Standardization	Acústica - Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental - Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.
NTC 3522 de 2005	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Cantidades básicas y procedimientos de evaluación.

NOTA: Normatividad técnica relacionada con el ruido dentro del proyecto, adaptado de (Icontec Internacional, 2005) & (International Organization for Standardization (ISO), 2007), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Tabla 6. Descripción marco legal para Ley 99 de 1993.

Norma	Expedido por	Artículo	Descripción
Ley 99 de 1993	Ministerio de Medio Ambiente	1.	3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
			11. Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial.

NOTA: Contenido de ley referente a los impactos ambientales en el medio, adaptado de la (Ley 99, 1993), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Tabla 7. Descripción marco legal para Decreto Ley 2811 de 1974.

Norma	Expedido por	Artículo	Descripción
Decreto Ley 2811 de 1974	Presidente de la República	1.	El ambiente es patrimonio común. Art. 30 Constitución Nacional de 1991.
		7.	Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente sano.
		8.	Se consideran factores que deterioran el ambiente, entre otro: m) el ruido nocivo.
		33.	Se establecerán las condiciones y requisitos necesarios para preservar y mantener la salud y la tranquilidad de los habitantes, mediante control de ruidos, originados en actividades industriales, comerciales, domésticas, deportivas, de esparcimiento, de vehículos de transporte, o de otras actividades análogas.
		193.	En la construcción de carreteras y de vías férreas se tomarán precauciones para no causar deterioro ambiental con alteraciones topográficas y para controlar las emanaciones y ruidos de los vehículos
Decreto 948 de 1995	Ministerio de Medio Ambiente	14.	Norma de emisión de ruido y norma de ruido ambiental. El Ministerio del Medio Ambiente fijará mediante resolución los estándares máximos permisibles de emisión de ruido y de ruido ambiental, para todo el territorio nacional.
Decreto 1220 de 2005	Ministerio de Ambiente, m de Vivienda y Desarrollo Territorial	7.	Estarán sujetos a licencia ambiental únicamente los proyectos, obras y actividades que se enumeran en los artículos 8° y 9° del presente decreto.
		8.	El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, otorgará o negará de manera privativa la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades: 8) Proyectos de la red vial nacional referidos a: b) la construcción de segundas calzadas.

NOTA: Contenido de decretos referente a los impactos ambientales en el medio y el derecho de la población, adaptado del (Decreto 2811, 1974), (Decreto 948, 1995) y (Decreto 1220, 2005), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Tabla 8. Descripción marco legal para la Resolución 0627 de 2006.

Norma	Expedido por	Art.	Descripción
Resolución 8321 de 1983	Ministerio de Salud	41.	Valores límites permisibles para ruido continuo e intermitente. La duración diaria de exposición de los trabajadores a niveles de ruido continuo o intermitente no deberá exceder los valores límites permisibles que se fijan en la Tabla No. 3. 8 horas de exposición diaria: 90 dBA.
		2.	Horarios de medición. (diurno y nocturno)
		5.	Intervalo unitario de tiempo de medida: "...se establece en una hora la cual puede ser medida en forma continua o con intervalos de tiempo distribuidos uniformemente hasta obtener, como mínimo, quince (15) minutos de captura de información."
		6.	Ajustes y correcciones.
Resolución 627 de 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	14.	Aplicabilidad del ruido ambiental: "Los resultados obtenidos en las mediciones de ruido ambiental, deben ser utilizados para realizar diagnósticos del ambiente por ruido. Los resultados se llevan a mapas de ruido los cuales permiten visualizar la realidad en lo que concierne a ruido ambiental..."
		17.	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A): Tabla 2, en la fila correspondiente al "Sector B: Tranquilidad y ruido moderado" – "Subsector: Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes"; y al "Sector C: Ruido Intermedio restringido" – "Subsector: Zonas con otros usos relacionados como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales."
		19.	Calibraciones. Antes de iniciar una toma de mediciones, en el sitio de medida, el equipo debe ser calibrado a las condiciones del lugar a las que se van a tomar las mediciones, para lo cual se utilizará un pistófono o calibrador. Los certificados de calibración electrónica deben estar vigentes.
		20.	Condiciones meteorológicas. Las mediciones deben efectuarse en tiempo seco, no debe haber lluvias, lloviznas, truenos o granizo, el pavimento debe estar seco. La velocidad del viento no debe ser mayor a tres metros por segundo (3m/s). La velocidad del viento debe medirse con un anemómetro.
Resolución 627 de 2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Anexo 2.	Determinación de los valores de ajuste K.
		Anexo 3.	Cap II. Procedimiento para medición de ruido ambiental.
			Cap. III. Procedimiento para la determinación del número de puntos y de los tiempos de medición

NOTA: Contenido de las resoluciones referente el ruido y el impacto que genera en el medio, adaptado de la (Resolución 0627, 2006), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Tabla 9. 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
	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.		
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.	65	55
	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
	Residencial suburbana.		
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.	55	50
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

NOTA: Descripción de las zonas y niveles de ruido permitidos, Adaptado de la (Resolución 0627, 2006), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Tabla 10. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles DB(A) y clasificación de usos del suelo.

CLASIFICACIÓN		NIVEL DE PRESIÓN SONORA dB(A)	
Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
Sector B. Tranquilidad y 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	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, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	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.		

NOTA: Descripción de las zonas el uso de suelo y niveles de ruido permitidos, Adaptado de la (Resolución 0627, 2006), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

CAPÍTULO 4

Metodología

Para realizar las mediciones de ruido en el tramo de estudio ubicado en la vía Villavicencio – Acacias en Doble Calzada Fundadores/Ciudad Porfía Etapa 1(K2+450 Sector Rochela -K5+097 Sector Porfía), se tuvo en cuenta el procedimiento de Medición para Emisiones de ruido descrito en el Anexo 3 Capítulos II y III de la Resolución 0627 de 2006, norma vigente colombiana expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy en día Ministerio de Ambiente. Lo anterior, con el fin de generar el análisis de estos datos dando como resultado mapas de ruido para formular y proponer medidas de manejo ambiental del ruido a corto y mediano plazo, que obedezcan a los resultados del presente estudio. El desarrollo de este estudio cuenta con tres (3) fases metodológicas que incluyen todas las actividades para cumplir con los objetivos propuestos.

Fase 1: Mediciones de ruido

Revisión de documentación, fichas técnicas de maquinaria y equipos.

Con la colaboración de los ingenieros que hacen parte del equipo de la Union Temporal Dobles Calzadas, contratista del proyecto de infraestructura vial, se recolectaron los documentos relacionados con el proyecto de la Etapa 1 de la Doble Calzada de la vía Villavicencio – Acacias en relación con el ruido, como lo es el Estudio de Impacto Ambiental, el Plan de Manejo Ambiental, los Estudios de Ruido del tramo y la Licencia Ambiental del proyecto dada por la Resolución 0205 de 2009.

Se realizó una revisión concienzuda y detallada de las fichas técnicas de los equipos y maquinaria que se están utilizando en la obra, y la identificaron los elementos de protección personal que están utilizando en los frentes de trabajo.

Determinación de puntos de medición.

De acuerdo a la actividad anterior y a los documentos revisados en esta, se establecieron los puntos focales adecuados y tiempos de medición para el monitoreo de ruido, teniendo en cuenta el Capítulo III del Anexo 3 de la Resolución 0627 de 2006, sobre el “Procedimiento para la determinación del número de puntos y de los tiempos de medición para ruido ambiental” a través de visitas de campo.

Se determinaron 3 estaciones de muestreo a lo largo del tramo del proyecto vial, ubicadas estratégicamente luego de inspecciones en campo teniendo en cuenta el factor de seguridad para los equipos y el recurso humano, y una equidistancia aproximada entre las mismas. Se realizó la georeferenciación de las mismas usando un GPS GARMIN Etrex 20. Es importante mencionar que el número de estaciones se definió respecto a las necesidades y exigencias de la empresa contratante, y que la ubicación de estas se definió de acuerdo a la ubicación de los estudios de ruido anteriores. Una vez, definidas este número de estaciones y su ubicación, utilizando el software AutoCad 2017 se generó un mapa con la localización exacta señalada dentro del tramo de ejecución del proyecto civil, el cual se encuentra en el *Apéndice A*. de este documento.

Se definió llevar a cabo las mediciones durante 2 horas continuas en lapsos de 5 minutos (25 tomas por jornada) en cada punto, en horario diurno y nocturno y en jornada hábil y no hábil, como lo indica la norma (Ver *Tabla 3.*). Obteniendo así 25 datos de decibeles por estación por jornada, para un total de 300 datos de decibeles y para cada variable evaluada in situ.

Es importante mencionar que para la identificación y ubicación definitiva de estos puntos de monitoreo y los tiempos de medición, se tuvieron presentes factores como el horario de actividades de la obra civil (Ver *Tabla 11.*), localización de frentes de trabajo, ubicación de zonas residencial, comercial e industrial, horas de flujo de tráfico, horas pico de la vía, disponibilidad de equipos, entre otros.

Tabla 11. Horario de trabajo de obra Unión Temporal Dobles Calzadas.

Días de la semana	Horario de trabajo en obra
Lunes a Viernes	7:00 a.m. a 12:00 m. y de 1:00 p.m. a 5:00 p.m.
Sábado	7:00 a.m. a 12:00 m.

NOTA: Horarios suministrados por la Unión Temporal Dobles Calzadas, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Monitoreo.

El monitoreo de ruido ambiental se llevó a cabo en las 3 estaciones definidas, utilizando un sonómetro Quest SoundPro DL 1-1, calibrado previamente en campo con un pistófono acústico Quest AC-300, sobre un trípode ajustable a una altura de 4,00 m, siguiendo la metodología de Medición para Emisiones de ruido descrito en el Anexo 3 Capítulo II de la Resolución 0627 de 2006. Las mediciones se tomaron empleando la escala de ponderación a (dBA) y en respuesta lenta (slow). La descripción de la ubicación de las Estaciones de monitoreo de ruido ambiental se encuentran en resultados. En la *Tabla 12.* se presentan relacionados los equipos y herramientas utilizadas para las mediciones.

Tabla 12. Características generales de los equipos.

Características generales de los equipos	
Sonómetro Quest SoundPro DL 1-1/3 BLLL100010 RU-075-EM	
Clase	Tipo 1
Precisión	± 1 dBA
Sensibilidad	Sensibilidad del micrófono independiente de la frecuencia
Funciones	Lectura en tiempo real de decibeles con analizador de frecuencias n tercios de octava
Características Generales	<u>Filtros de ponderación de frecuencia:</u> A, B, C y Z. <u>Modos de respuesta:</u> rápida, lenta, impulsos y picos. <u>Determinación del nivel equivalente:</u> máximo y mínimo. Provisto con cable de extensión de micrófono.
Normatividad	Cumple con norma IEC 61672-12002
Calibrador acústico Quest AC-300 AC300004210	
Nivel de Calibración	94 dB y 114 dB
Normatividad	Cumple norma IEC 60942:2003

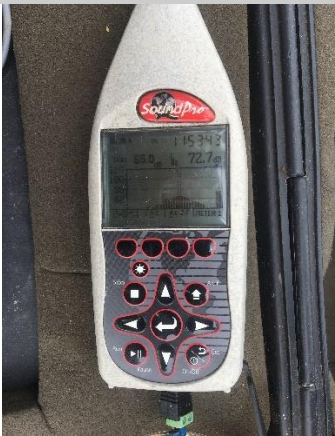


Tabla 12. Continuación.

Características generales de los equipos		
SOFTWARE		
Referencia	QuestSuite Professional II	
Versión	Versión de prueba	
Características	Descarga datos de los estudios realizados por el sonómetro	
Trípode		
Características Generales	Ajustable a altura de cuatro (4) metros. Capacidad de giro de 360 giros. Desarmable. Orientación variable.	
Termohigrómetro LCD		
Características Generales	Sistema automático, Lectura de porcentaje de humedad relativa y temperatura en °C	
Anemómetro Fishtec ®		
Características Generales	Medidor de velocidad de viento digital. Unidad de medida: m/s	

Tabla 12. Continuación.

Características generales de los equipos	
GPS GARMIN Etrex 20x	
Características Generales	Localizador portátil GPS (Sistema de Posicionamiento Mundial) Facil de usar y larga duración de batería (2 pilas AA duran 25 horas)



NOTA: Descripción de los diferentes equipos de medición del ruido, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Además, se utilizó un anemómetro y un higrómetro para medir en campo las variables meteorológicas de velocidad del viento, temperatura y humedad relativa. Los datos obtenidos de todas las variables (dBA, tiempo, velocidad del viento, temperatura, humedad), fueron plasmados también en formatos de campo donde se incluyó registro fotográfico de la actividad. Estos formatos utilizados para la recolección de información in situ, refiere la mayoría de los parámetros descritos en la *Tabla 13*.

Tabla 13. Parámetros del estudio

Parámetros del estudio	
#Loc Quest	El número de archivo en la memoria del sonómetro
L1 (Leq), dBA	Nivel continuo equivalente de ruido en el periodo de medición (resultado de la medición)
Lmax, dBA max	Máximo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición
Lmin, dBA min	Mínimo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición
L10 dBA *	Nivel sonoro que se sobrepasada durante el 10% del tiempo de medición
L90 dBA*	Nivel sonoro que se sobrepasada durante el 90% del tiempo de medición
Horarios	Las lecturas diurnas se realizaron entre las 7:01 y las 21:00 y las nocturnas entre las 21:01 y las 7:00, según la norma
*Datos obtenidos ex situ, no incluido en formato de campo.	

NOTA: Descripción en detalle de las abreviaturas usadas para la medición del ruido, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Adicionalmente, se tomaron medidas de ruido específico, con los mismos equipos de medición, a 5 máquinas durante su uso en las actividades de la obra civil, en un periodo de tiempo de 12

minutos con lapsos de 3 minutos para un total de 5 datos para cada una. También se evaluó en esta ocasión la velocidad del viento, la humedad relativa y la temperatura. Siguiendo las exigencias de la norma, en el *Apéndice B*. se presenta el certificado de calibración de los equipos de medición.

A continuación, en la *Tabla 14*. se muestran los datos de fechas de medición de ruido ambiental de acuerdo al horario, el número de muestras, hora inicial y hora final de los monitoreo en jornada hábil.

Tabla 14. Mediciones ruido ambiental Jornada hábil.

Estación	Mediciones de Ruido Ambiental Jornada Hábil (Lunes a Viernes)				
	Horario	Hora inicial	Hora final	Fecha	No. de muestras
Estación 1	Diurno	4:00 p.m.	6:00 p.m.	Martes, 27 de Febrero de 2018	25
	Nocturno	2:00 a.m.	4:00 a.m.	Martes, 27 de Febrero de 2018	25
Estación 2	Diurno	3:00 p.m.	5:00 p.m.	Viernes, 23 de Febrero de 2018	25
	Nocturno	3:00 a.m.	5:00 a.m.	Jueves, 25 de Enero de 2018	25
Estación 3	Diurno	8:00 a.m.	10:00 a.m.	Miércoles, 28 de Febrero de 2018	25
	Nocturno	2:00 a.m.	4:00 a.m.	Miércoles, 28 de Febrero de 2018	25

NOTA: Jornadas de medición del ruido dentro del proyecto, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En la *Tabla 15*. se expresan los datos de fechas de medición de ruido ambiental de acuerdo al horario, el número de muestras, hora inicial y hora final de los monitoreo en jornada no hábil.

Tabla 15. Mediciones ruido ambiental Jornada no hábil.

Estación	Mediciones de Ruido Ambiental Jornada No Hábil (Sábados, Domingos y festivos)				
	Horario	Hora inicial	Hora final	Fecha	No. de muestras
Estación 1	Diurno	9:00 a.m.	11:00 p.m.	Domingo, 11 de Marzo de 2018	25
	Nocturno	3:00 a.m.	5:00 a.m.	Domingo, 11 de Marzo de 2018	25
Estación 2	Diurno	11:45 a.m.	1:45 a.m.	Domingo, 25 de Febrero de 2018	25
	Nocturno	5:00 a.m.	7:00 a.m.	Sábado, 24 de Febrero de 2018	25
Estación 3	Diurno	9:00 a.m.	11:00 a.m.	Domingo, 4 de Marzo de 2018	25
	Nocturno	2:00 a.m.	4:00 a.m.	Domingo, 4 de Marzo de 2018	25

NOTA: Jornadas de medición del ruido dentro del proyecto, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Por último, se presenta el listado de la maquinaria a la cual se realizó muestreo de ruido específico, utilizadas en las actividades de la obra civil. (Ver Tabla 16.)

Tabla 16. Maquinaria UTDC para mediciones de ruido específico

Máquina	Referencia
Retrocargador John Deere	410
Retroexcavadora Jhon Deere	350G
Motoniveladora Volvo	720A
Retroexcavadora Hitachi	210
Retrocargador John Deere	410J

NOTA: Datos de la Maquinaria que se encuentra en los diferentes frentes de la obra, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Procesamiento de la Información Recopilada.

Registro y análisis de datos.

Para llevar a cabo la descarga de los datos de dBA arrojados por el sonómetro se usó el software QuestSuite Professional II en su versión de prueba y así lograr la creación de la base de datos en Microsoft Excel 2010 con estos y los demás datos recolectados en campo. En Microsoft Excel se utilizaron algunas herramientas para la organización inicial de esta información como lo muestra a continuación la *Tabla 17*.

Tabla 17. Organización de datos en Microsoft Excel

DIURNO/NOCTURNO – HÁBIL/NO HÁBIL								
Ubicación:				Loc Quest				
Fecha de muestra:				Hora de Inicio:		Hora Final:		
Hora	Dirección micrófono	Vel Viento	Temp	Humedad R.	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
hh:mm		(m/s)	°C	%				
.....								
LAeq								

NOTA: previsualización de las variables que se tuvieron en cuenta en la organización de datos, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Luego de obtener los datos ubicados por estación y por jornada, se realizaron promedios de los mismos, utilizando la herramienta de Excel de Promedio y la fórmula descrita en el Anexo 3, Capítulo II para obtener el nivel equivalente resultante de la medición (LAeq). Y se realizó una tabla con la información organizada generalmente y se calcularon otros valores como lo muestra la *Tabla 18*.

Tabla 18. Organización de datos en promedio por estación en Microsoft Excel

(HÁBIL/NO HÁBIL) – (DIURNO/NOCTURNO)							
Punto	Descripción del Punto	#Loc Quest	Laeq	Lmin dBA	Lmax dBA	L90 dBA	L10 dBA

NOTA: variables utilizadas en la organización de datos, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Posterior a obtener la base de datos de las mediciones de ruido ambiental, se evaluaron los ajustes que aplican en este caso, planteados en el Artículo 3 y en el Anexo 2 de la Resolución 0627 de 2006 de la siguiente manera:

Determinación de los valores de ajuste K

El ajuste es toda cantidad, que se suma a un nivel de presión sonora medido para explicar parte del carácter acústico, la hora del día o tipo de fuente. (Resolución 0627, 2006) En la siguiente sección se explicará cada ajuste y corrección K que se aplican a las mediciones de ruido ambiental en el presente trabajo.

-Correcciones K_1

La corrección K_1 toma en consideración los componentes impulsivos en el lugar de la medición. (Universidad de Medellín, 2009)

Para determinar las correcciones por componentes impulsivos se sigue el siguiente procedimiento descrito en la Resolución 0627:

1. Se mide el nivel de presión sonora continuo equivalente en ponderación A- respuesta slow (S), durante un tiempo determinado, $L_{AS,T}$. Lo cual corresponde al L_{Aeq} presentado en cada punto. (Resolución 0627, 2006)
2. “Se mide el nivel de presión sonora en ponderación A- respuesta I (característica temporal impulso), durante un tiempo determinado ($L_{AI,T}$). Lo anterior se realiza con el medidor 2 del sonómetro simultáneamente con la medición de L_{Aeq} .” (Resolución 0627, 2006)
3. Se calcula la diferencia $L_i = L_{AI,T} - L_{AS,T}$

De acuerdo a la diferencia tendría lo siguiente:

1. Si $L_i < 3 \text{ dB(A)}$, no hay componentes impulsivos.
2. Si $3 \text{ dB(A)} \leq L_i \leq 6 \text{ dB(A)}$, hay percepción neta de componentes impulsivos.
3. Si $L_i > 6 \text{ dB(A)}$, hay percepción fuerte de componentes impulsivos.

(Resolución 0627, 2006)

Los valores de KI en cada caso son:

1. Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A)
2. Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A)
3. Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A)

(Resolución 0627, 2006)

Para el caso de las mediciones de ruido ambiental realizadas, fue necesario únicamente realizar ajustes por impulsos, ya que en campo se identificaron diferentes eventos impulsivos que pudieron alterar el flujo normal del ruido, provenientes de sirenas de ambulancias, conversaciones de personas, pitos de automotores, ladridos de perros, entre otros.

Análisis estadístico.

El análisis estadístico de esta información primaria recolectada en campo correspondiente a las mediciones de ruido ambiental se realizó usando el software IBM SPSS Statistics, iniciando con la creación de la base de datos en este programa. Con este paquete estadístico se buscó determinar con sus herramientas de análisis, los efectos que producen sobre la variable intensidad de ruido, medidos en decibeles, los siguientes factores: la estación, refiriéndose con esta al sitio donde fueron tomadas las mediciones, la jornada (diurna o nocturna) y finalmente el factor que indica si el día de la medición era un día hábil o no. Por lo anterior, se efectuó un estudio comparativo buscando determinar si existe o no diferencia significativa entre cada uno de los grupos de estudio.

Para esta investigación se trabajó con una muestra de 300 mediciones. Para esto, se seleccionó de la lista despegable de “Analizar”, un modelo lineal general univariado, para construir un modelo personalizado que explique solo los efectos principales, teniendo en cuenta que la estación, el horario y el día, son factores que pueden influir en las mediciones del ruido. El modelo personalizado se asemeja a la matriz tipo *Cuadrado Latino*. Basado en este modelo, se realizó un análisis de varianza calculando para cada factor un Eta cuadrado parcial, que en SPSS se interpreta como el tamaño del efecto. Paralelo a esto, se hicieron cálculos de estadísticos descriptivos y gráficas comparativas. Se tuvieron en cuenta también las variables de velocidad del viento, humedad relativa y temperatura para análisis superficiales de estas.

Mapas de ruido.

Para la generación de los mapas de ruido ambiental se utilizó el programa para sistemas de información geográfica ArcGis 10.3 utilizando inicialmente la herramienta IDW (Ponderación de distancia inversa) para realizar una interpolación de distancia media y así mostrar los valores combinados de forma lineal. Posteriormente, se utilizó la opción de Extracción de valores múltiples a puntos, para especificar el rango de los datos y así utilizar la interpolación Kriging para

generar la superficie estimada del conjunto de puntos que contienen los niveles de decibeles obtenidos y su comportamiento en la zona. Adicionalmente se realizó un mapa que explica la posible relación de la dirección del viento con la intensidad de decibels presentada, partiendo de datos de velocidad del viento obtenidos en campo en cada estación, mediante la herramienta de Crear red para la creación de la dirección del viento y su dispersión en la zona.

Fase 2: Análisis de comparación

Se llevó a cabo la comparación de los resultados del monitoreo con los valores de referencia tomados de la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de acuerdo al Sector aplicable al que pertenecen las zonas donde se ubican las estaciones, y determinar el estado de acatamiento del ruido en el tramo.

Los valores que según el procedimiento descrito por la norma, deben y fueron cotejados con los estándares máximos permisibles, fueron los resultantes de la aplicación de la fórmula LA_{eq} para cada estación en cada horario y jornada.

Fase 3: Posibles medidas de manejo del ruido

Según los resultados obtenidos, se propusieron brevemente las posibles medidas de manejo y control de emisión del ruido en las zonas en donde sobrepasaron los valores máximos permisibles por la norma, y donde se están generando afectaciones ambientales negativas en la zona de estudio. Estas acciones, se formularon con el fin de plantear estas medidas viables a seguir, a corto y mediano plazo sobre los efectos identificados y así cumplir con todos los objetivos del presente proyecto de grado.

En la *Figura 2.*, se presenta el diagrama de procesos que describe y recopila la metodología del presente proyecto.

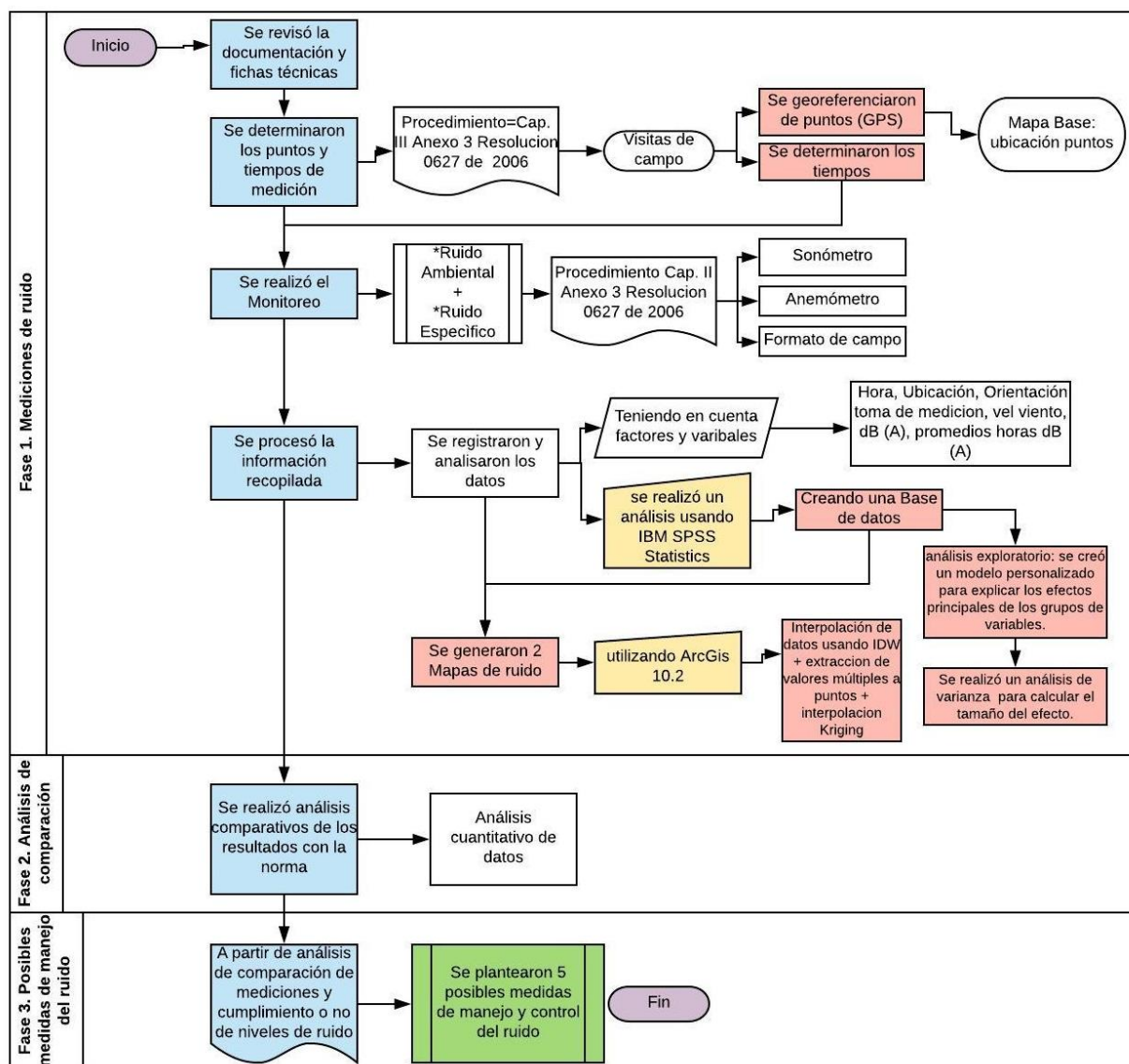


Figura 2. Flujograma de la metodología asignada para el presente estudio, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

CAPÍTULO 5

Resultados y Análisis

Fase 1: Mediciones de ruido

Revisión de documentación

Factor ruido dentro del Estudio de Impacto Ambiental y la Licencia Ambiental

El proyecto Doble Calzada Fundadores/Ciudad Porfía Etapa 1 (K2+450 Sector Rochela -K5+097 Sector Porfía) cuenta con Licencia Ambiental expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante la Resolución No. 0205 del 9 de febrero de 2009, concedida inicialmente a Concesión Carreteras Nacionales del Meta S.A y cedida posteriormente a la Agencia para la Infraestructura del Meta mediante la Resolución 0124 de 2014.

Para conceder dicha licencia el solicitante debió formular una serie de documentos y estudios previos sobre cada uno de los componentes ambientales que implicarían daños ambientales por las obras constructivas que se habían proyectado en ese entonces. Desde luego, esta empresa radico ante CORMACARENA en el año 2007, previo a obtener la licencia, el Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto en mención, dentro del macro proyecto de la malla vial del Meta.

Es importante mencionar que dentro de las exigencias de la Licencia Ambiental se encuentra en el Artículo 6to que “Los parámetros SO_x, NO_x, CO y Ruido, deberán medirse con una frecuencia de cada 6 meses”.

En la Figura 3. se enseña la documentación ambiental relacionada al facto ruido con la que cuenta el proyecto vial para su ejecución:

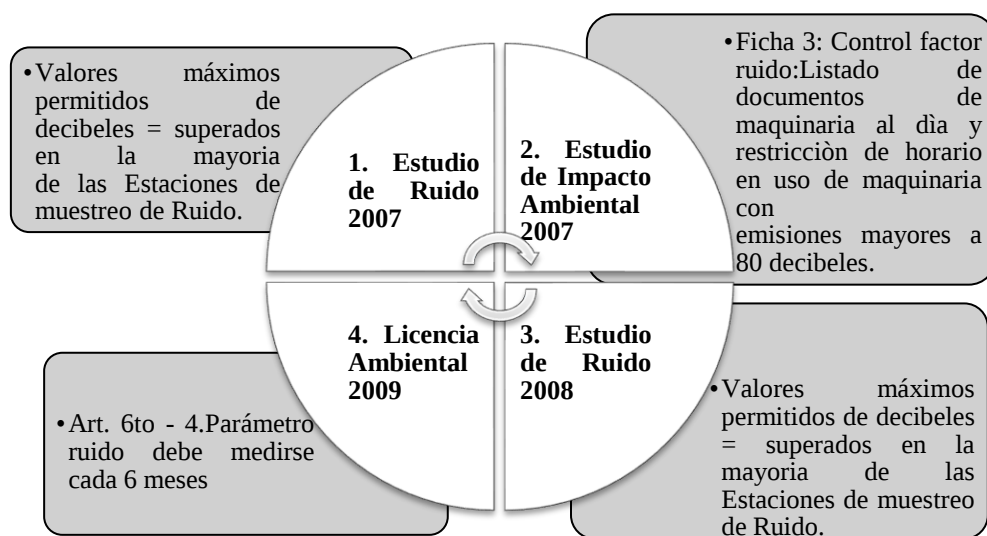


Figura 3. Documentación ambiental factor ruido Proyecto 334 de 2015, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

1. Estudio de Ruido 2007.

En Villavicencio, los primeros trabajos y estudios en materia de ruido, en agosto 10 de 2007, cuando se realizó el primer monitoreo de Ruido Ambiental en el sector comprendido en el tramo del Proyecto Doble Calzada Villavicencio-Acacias sector Parque Los Fundadores (K0+000) y Ciudad Porfía (K5+000). Con este estudio se obtuvieron datos de 15 minutos de muestreo en cada una de las cinco (5) estaciones definidas, lo que no era cantidad suficiente de información para dar a conocer la realidad acústica del proyecto.

En términos generales los resultados de este estudio fueron los siguientes (Ver *Tabla 19.*):

Tabla 19. Resultados Estudio de Ruido proyecto doble calzada 2007

Punto	Ubicación	Sector según Res. 0627 de 2006	Valor estándar máx. permisible	Resultados	Nivel de cumplimiento
1	Conjunto Residencial Hábitat	Sector Tranquilidad y Ruido moderado	65 dB (A)	66,5 dB (A)	INCUMPLIENDO
2	Conjunto Rincón de la Lomas	Sector Tranquilidad y Ruido moderado	65 dB (A)	69,2 dB (A)	INCUMPLIENDO
3	Molino Montecarlo	Sector de Ruido Intermedio Restrungido	75 dB (A)	68,8 dB (A)	CUMPLIENDO

Tabla 19. Continuación

Punto	Ubicación	Sector según Res. 0627 de 2006	Valor estándar máx. permisible	Resultados	Nivel de cumplimiento
4	Funeraria La Paz	Sector Tranquilidad y Ruido moderado	65 dB (A)	72,0 dB (A)	INCUMPLIENDO
5	Estación de bombeo de gas	Sector de Ruido Intermedio	75 dB (A)	68,3 dB (A)	CUMPLIENDO

NOTA: Descripción de los resultados de los diferentes puntos de medición y su cumplimiento, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Para el caso del presente proyecto, los puntos de muestreo 1, 2 y 3, los cuales se determinaron para este estudio anterior, son los puntos de incumbencia y relación con el Proyecto 334 de 2015. El Punto 1 y 2 coincide con la misma ubicación de la estación 2 y 3 de este estudio. El punto 3 está ubicado ya por fuera del tramo que comprenden las obras de la Etapa 1 del proyecto.

2. Estudio de Impacto Ambiental 2007:

En la Ficha 03. del Estudio de Impacto Ambiental (Ver *Apéndice C.*), se encuentra el Programa de Manejo del Recurso Aire referente al manejo de fuentes de emisiones y ruido. Este indica como meta controlar el ruido generado por el proyecto como tal. Para esto sugiere como actividades a desarrollar, el mantenimiento oportuno de la maquinaria y los equipos, y la restricción de trabajos en horario nocturno con maquinaria que emita más de 80 decibeles.

3. Estudio de Ruido 2008:

Partiendo del hecho de que los resultados obtenidos en el Estudio de Ruido realizado en el marco del proyecto Doble Calzada Villavicencio-Acacias sector Parque Los Fundadores (K0+000) y Ciudad Porfía (K5+000), no fueron considerados completos o eficientes en su momento debido a generalidad como parte de los estudios de la línea base para la obtención de la Licencia Ambiental, se diseñó en esta oportunidad una metodología de trabajo acorde con los términos de referencia que permitió caracterizar todos los niveles de ruido identificados en el tramo de estudio.

En esta ocasión, el estudio partió de la hipótesis principal de que la fuente más significativa del ruido urbano era el tránsito de vehículos. Para confirmar dicha hipótesis, se realizó un inventario detallado de las fuentes generadoras de ruido, entrando a revisar el tema de usos del suelo y distribución correcta del mismo. Finalmente, se logró correr y calibrar un modelo de propagación

de ruido en la zona con el que se identificó cuál era el aporte real de las actividades del sector al ruido en el área de estudio.

4. Licencia Ambiental emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante la Resolución 0205 del 9 de febrero de 2009:

Finalmente, la Resolución 0205 del 9 de febrero de 2009 es otorgada a la Concesión Nacional de Carreteras del Meta S.A para el proyecto “Doble Calzada Villavicencio – Acacias K0+000 (Parque Fundadores) – K5+000 (Ciudad Porfía)” localizado en el departamento del Meta.

Dicha Licencia Ambiental en su Artículo Sexto, numeral 4:

Del desarrollo de Monitoreo y seguimiento de emisiones atmosféricas: El Monitoreo deberá corresponder con los parámetros analizados en la etapa de elaboración de los estudios ambientales, es decir se deben mediar además de material particulado cada tres meses (Partículas Totales en Suspensión – TPS) los de Sox, Nox, CO y ruido.

Los parámetros de Sox, Nox, CO y ruido, deberán medirse con una frecuencia de cada 6 meses. Los puntos de ubicación de las estaciones son los mismo 5 en donde se tomaron las muestras durante la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, es decir, en el Conjunto Residencial Hábitat, Conjunto Residencial Rincón de la Lomas, Molino Montecarlo, Funeraria La Paz y Estación de Servicio Serramonte o Montecarlo, este último sitio, según se defina en cuanto a mayor cercanía a las obras en el momento de realizar el muestreo. (Resolución 0205, 2009)

Es de suma importancia aclarar, que el Proyecto 334 de 2015 que describe la Etapa 1 del proyecto “Doble Calzada Villavicencio – Acacias K0+000 (Parque Fundadores) – K5+000 (Ciudad Porfía)”, comprende desde 1 el Kilómetro 2 + 450 metros en el Sector Rochela hasta el Kilómetro 5 + 097 metros en el Sector Porfía. Evidenciándose que, solo el punto de monitoreo en el Conjunto Residencial Hábitat y en el Conjunto Residencial Rincón de la Lomas se encuentran dentro de dicho tramo. Por tal motivo estas fueron las Estaciones 2 y 3 seleccionadas para el muestreo, sumando la Estación 1 ubicada en espacio público en el inicio del proyecto lo más cerca posible al Molino Montecarlo que no pertenece a este proyecto.

Fichas técnicas maquinaria pesada.

Como lo señala el Estudio de Impacto Ambiental dentro de las actividades para el control y mitigación del impacto del ruido, se encuentra el control de la documentación, se realizó la gestión para la actualización y complementación de las fichas técnicas de la maquinaria que se encuentra realizando trabajos en la obra. Éstas se presentan en el *Apéndice D*. Actualmente la Unión Temporal Dobles Calzadas, cuenta con 5 máquinas de condición fija, es decir, que no salen del

tramo, y 2 máquinas que están intermitentemente dentro del área del proyecto. De esta forma, se tienen en cuenta estas 5 máquinas fijas para la toma de medición de ruido específico.

Tabla 20. Maquinaria fija UTDC Porfía

Máquina	Referencia
Retrocargador John Deere	410
Retroexcavadora Jhon Deere	350G
Motoniveladora Volvo	720A
Retroexcavadora Hitachi	210
Retrocargador John Deere	410J

NOTA: Datos de la Maquinaria que se encuentra en la obra de la doble Calzada Ciudad Porfía, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Elementos de protección personal para ruido.

Los EPP (Elementos de Protección Personal) son de vital importancia en cualquier actividad o trabajo que represente algún riesgo para la salud y la integridad de un trabajador. Los EPP auditivos son dispositivos que sirven para reducir el nivel de presión acústica en los conductos auditivos a fin de no producir daño en el individuo expuesto (Universidad Politécnica de Valencia, 2012). En el marco de este estudio y teniendo en cuenta que se evalúan emisiones de ruido a la maquinaria pesada presente en el tramo, es congruente describir los elementos de protección que en este caso están amortiguando el efecto que el ruido de las máquinas, actividades, flujo vehicular, e.t.c, generan sobre los trabajadores y el personal que labora en la Unión Temporal Dobles Calzadas Porfía.



Nota. De izquierda a derecha: Tapones de copa tipo orejera y Tapones auriculares de inserción

Figura 4. Elementos de Protección Personal Auditiva UTDC, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Tapones auriculares de inserción Protectores que se introducen en el canal auditivo o en la cavidad de la oreja, destinados a bloquear su entrada. Pueden ser desechables (un solo uso) y reutilizables (más de un uso). (Universidad Politécnica de Valencia, 2012)

Tapaoídos de copa – tipo orejera Casquetes que cubren las orejas y se adaptan por medio de almohadillas. Normalmente se forran con un material que absorba el sonido. Están unidos entre sí por una banda de presión o arnés de plástico o metal. (Universidad Politécnica de Valencia, 2012)

Determinación de puntos y tiempos de medición.

Se realizaron visitas de campo a lo largo del tramo de influencia del proyecto “Mejoramiento de la vía principal que conduce desde intersección Fundadores hasta el acceso Ciudad Porfía (K2+450 sector Rochela -K5+097 sector Porfía), Etapa 1, en el municipio de Villavicencio – Meta” y se determinaron finalmente tres (3) Estaciones de muestro de ruido ambiental, georeferenciadas y localizadas lo mayormente posible equidistantes entre sí, teniendo en cuenta factores como disponibilidad del espacio, firmeza del terreno, ubicación de estaciones de monitoreos anteriores, exigencias de la empresa y seguridad. En la *Tabla 21*. Puede encontrarse la ubicación geográfica de las Estaciones y el valor de distancia entre ellas.

Tabla 21. Horarios de medición

Punto de muestreo	Coordenadas geográficas		Distancia entre estaciones
	Latitud	Longitud	
Estación 1	4°06'05.2''	73°39'31.9''	900 m
Estación 2	4°05'41.1''	73°39'48.5''	950 m
Estación 3	4°05'20.9''	73°40'12.0''	

NOTA: Ubicación geográfica de las Estaciones y el valor de distancia entre ellas, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En cuanto al tiempo de medición del ruido en las tres estaciones se determinó también de acuerdo a los mismos factores y dentro de lo estipulado por la Resolución 0627 de 2006, como lo señala la *Tabla 22*.

Tabla 22. Horarios de medición

Punto de Medición	Jornada	Tiempo	Lapsos de tiempo	Total datos por periodo	Fecha de muestreo
Estación 1	Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Martes, 27 de Febrero de 2018
	Diurno				
	Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Martes, 27 de Febrero de 2018
	Nocturno				
	No Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Domingo, 11 de Marzo de 2018
	Diurno				
Estación 2	No Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Domingo, 11 de Marzo de 2018
	Nocturno				
	Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Viernes, 23 de Febrero de 2018
	Diurno				
	Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Jueves, 25 de Enero de 2018
	Nocturno				
Estación 3	No Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Domingo, 25 de Febrero de 2018
	Diurno				
	No Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Sábado, 24 de Febrero de 2018
	Nocturno				
	Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Miércoles, 28 de Febrero de 2018
	Diurno				
	Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Miércoles, 28 de Febrero de 2018
	Nocturno				
	No Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Domingo, 4 de Marzo de 2018
	Diurno				
	No Hábil	2 horas	Cada 5 minutos	25	Domingo, 4 de Marzo de 2018
	Nocturno				

NOTA: Jornada y tiempo de medición del ruido en las tres estaciones, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

La ubicación de la toma de mediciones de ruido específico a las máquinas, se llevó a cabo de acuerdo al frente de obra donde se encontraban laborando. A una distancia considerable de entre 4 a 5 metros entre los equipos y la máquina. En la *Tabla 23.* se encuentran la ubicación geográfica de estas.

Tabla 23. Ubicación medición de ruido específico a maquinaria y fechas de muestreo

Máquina	Coordenadas Geográficas		Fecha de medición	Hora inicial	Hora Final
	N	E			
Retrocargador John Deere 410	04°05'35,2"	73°39'51,7"	Sábado, 24 de Febrero de 2018	12:36 m.	12:48 m.
Retroexcavadora John Deere 350G	04°05'21,7"	73°40'08,8"	Sábado, 24 de Febrero de 2018	10:17 a.m.	10:29 a.m.

Tabla 23. Continuación

Motoniveladora Volvo 720A	04°05'28,2"	73°39'59,6"	Lunes, 5 de Marzo de 2018	11:50 a.m.	12:02 m.
Retroexcavadora Hitachi 210	04°05'49,6"	73°39'41,1"	Sábado, 24 de Febrero de 2018	11:06 a.m.	11:18 a.m.
Retrocargador John Deere 410J	04°05'19,1"	73°40'11,9"	Sábado, 24 de Febrero de 2018	10:35 a.m.	10:47 a.m.
Retroexcavadora Hitachi 210	04°05'49,6"	73°39'41,1"	Sábado, 24 de Febrero de 2018	11:06 a.m.	11:18 a.m.
Retrocargador John Deere 410J	04°05'19,1"	73°40'11,9"	Sábado, 24 de Febrero de 2018	10:35 a.m.	10:47 a.m.

NOTA: Ubicación geográfica de la maquinaria objeto de estudio de ruido, con su jornada, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Ubicación estaciones de medición.

De acuerdo al subtítulo anterior, se ubicaron las Estaciones de medición dentro del tramo del proyecto vial que inicia desde el Kilómetro 2 más 450 metros hasta el Kilómetro 5 más 97 metros en la vía que conduce de Villavicencio al municipio de Acacias – Meta. Luego de tomar las coordenadas en campo en cada estación utilizando un GPS Garmin, se procedió a la creación de un mapa utilizando ArcGis 10.2, con la ubicación exacta de las mismas, señaladas de igual forma dentro del tramo de estudio. En el *Apéndice A*. se presenta el mapa con la ubicación geográfica espacial de las Estaciones de muestreo de ruido ambiental.

Las estaciones se nombraron como Estación 1, Estación 2 y Estación 3 en sentido Villavicencio-Acacias como se describe a continuación.

La Estación 1 se encontraba ubicada en área de espacio público frente a una vivienda del barrio Montecarlo, a 5 metros del borde de la vía, justo después de donde inicia el tramo del proyecto. Se identificó un establecimiento comercial de venta de víveres a escasos 2 metros del punto. No se encontraba ninguna estructura o superficie que obstaculizara la toma de muestra. Zona residencial y comercial. Zona de confluencia de vehículos por intersección entrada Barrio Montecarlo. (Ver *Figura 5*.)



Figura 5. Ubicación Estación 1 Ruido Ambiental, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

La Estación 2 se encontraba ubicada dentro de la portería del Conjunto Residencial Rincón de las Lomas, a 10 metros del borde de la vía aproximadamente, justo después de donde inicia el tramo del proyecto. Se identificó afluencia de carros por entrada y salida al conjunto, intersección de entrada a una vereda aledaña y a establecimientos públicos y de prestación de servicios de alquiler de canchas sintéticas de fútbol. Se encontraba una estructura del cerramiento del conjunto, pero su altura no obstaculizaba la toma de muestra. Zona residencial.

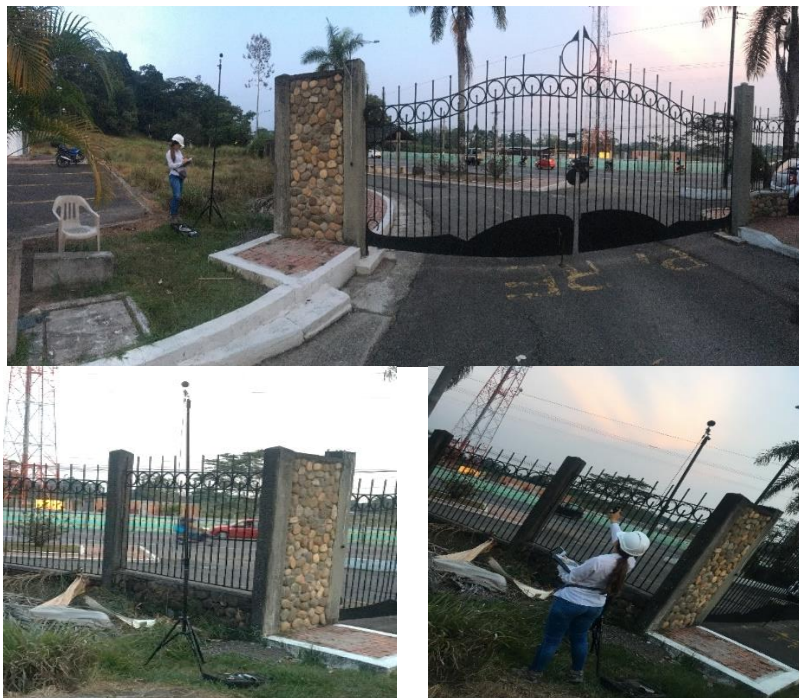


Figura 6. Ubicación Estación 2 Ruido Ambiental, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

La Estación 3 se encontraba ubicada dentro del Conjunto Residencial Hábitat, a 6 metros del borde de la vía aproximadamente, en el acceso a Ciudad Porfía. Se identificó afluencia de vehículos por entrada y salida al conjunto e intersección de entrada al barrio. Se encontraba una estructura del cerramiento del conjunto, pero su altura no obstaculizaba la toma de muestra. Zona residencial.



Figura 7. Ubicación Estación 3. Ruido Ambiental, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Cabe mencionar que estos puntos fueron ubicados en zonas lo más cercanas posibles al borde de vía y a los frentes de obra, donde no presentara riesgo de seguridad para los equipos ni para el recurso humano.

Procesamiento de la información

Identificación inicial de fuentes emisoras de ruido.

En concordancia con el objeto de estudio de este proyecto, que es la evaluación del ruido ambiental en el marco del proyecto vial Doble Calzada Fundadores – Ciudad Porfía Etapa 1, es indispensable

resaltar que una de las fuentes de ruido que hay que tener en cuenta en primera instancia son los motores diésel característicos de la maquinaria pesada utilizada en los frentes de obra, las cuales, no están en funcionamiento constante pero si pueden clasificarse como fuentes emisoras de ruido impulsivo específico. En paralelo, como ya se había mencionado las estaciones de medición se encuentra a muy pocos metros de una vía nacional en la cual se identifica un flujo de tráfico alto y de importante volumen, por esta razón los altos niveles de accidentalidad son considerablemente altos. “El Meta es el tercer departamento del país donde más ocurren accidentes de tránsito, la tasa de homicidios es el doble de la nacional y en los últimos diez años murieron 45 por ciento menos personas por el conflicto armado que por accidentes de tránsito.” (El Tiempo, 2017) En mención de lo anterior, es importante agregar que el sonido de las sirenas de las ambulancias puede percibirse como uno de los ruidos impulsivos que más se presentó durante las mediciones de acuerdo a las observaciones anotadas en los formatos de campo.

Adicional a lo anterior, y no menos importante, es de reconocer que esta vía nacional comunica a la capital metense (por ende, a la capital de Colombia), con la región del Ariari, la cual es reconocida por ser la más fértil y en donde más comida se produce en el Meta. Cuenta con grandes extensiones de cultivos de maíz, yuca, plátano, arroz, frutales, entre otros (Publicaciones Semana, 2010). Para dar abasto con el transporte de las grandes cantidades de alimento que demanda la capital del país y los demás departamentos del interior, el volumen de tráfico pesado diario por esta vía es realmente importante. Agregado a esto, el comercio constante de ganado y combustible extraído en esta zona y transportado necesariamente por esta vía aporta otra gran cantidad de volumen de este tipo de tráfico.

Todos los aspectos presentados anteriormente, dan una idea la relación que existe entre los las fuentes de ruido y los componentes tonales e impulsivos identificados en las observaciones de campo.

Mediciones de variables meteorológicas



Figura 8. Mediciones de variables meteorológicas, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Las características meteorológicas influyen en las mediciones de ruido ambiental, por tal razón para el presente estudio se evidencia el comportamiento de las variables de velocidad del viento, precipitación, temperatura y humedad relativa, a partir de información medida durante el monitoreo en cada uno de los puntos. Se puede encontrar en la Tabla 14. El promedio de las variables de velocidad del viento, temperatura y humedad relativa en las tres estaciones. Estas variables meteorológicas fueron medidas en campo al mismo tiempo que el ruido ambiental, utilizando un termohigrómetro LCD y un anemómetro sencillo, de modo que se obtuvieron los mismos 25 datos en cada muestreo por jornada por Estación, para un total de 300 mediciones en las tres estaciones. Las fechas de medición son exactamente las mismas que las reportadas para la variable de dB (A).

Tabla 24. Promedios variables meteorológicas días hábiles y no hábiles

Tiempo de ejecución en días hábiles			
	Velocidad del viento (m/s)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Promedio	0,6	27,5	54,1
Máximo	2,1	34,1	77
Mínimo	0	23,2	40
Tiempo de ejecución en días No hábiles			
	Velocidad del viento (m/s)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Promedio	1,0	28,1	57,2
Máximo	2,9	36,7	72
Mínimo	0	22	31

NOTA: Resultados de las mediciones del ruido ambiental en campo, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

De acuerdo a los resultados obtenidos es posible evidenciar que en la totalidad de las mediciones se presentar velocidades de viento inferiores a 3 m/s, (siendo el valor máximo 2,9 m/s), motivo por el cual no es necesario aplicar la respectiva corrección que indica la norma para estos casos.

Descripción datos de mediciones de ruido ambiental.

Como resultados de las mediciones de ruido ambiental en las tres (3) estaciones de muestreo, se obtuvieron 25 datos de cada variable (dBA, velocidad del viento, humedad relativa, temperatura) por jornada de dos horas, por horario en cada Estación como lo muestra la *Tabla 22*.

Las mediciones de ruido ambiental fueron realizadas en ausencia de precipitaciones, tal como lo indica la Resolución 0627 de 2006 del MAVDT.

Para realizar una presentación coherente y organizada de los resultados y los análisis de los mismos, se describirán en dos grandes grupos: mediciones de Ruido Ambiental y mediciones de Ruido Específico. Dentro de las mediciones de Ruido Ambiental se presentan dos grandes grupos: mediciones realizadas en Día Hábil y mediciones realizadas en Día No Hábil. Dentro de cada uno se encuentra la recopilación y promedio de los datos, valor equivalente resultante de la emisión (LAeq) y la presentación organizada de los resultados para cada horario en las tres estaciones.

Teniendo en cuenta el Anexo 3, Capítulo II, sobre el Procedimiento de medición para ruido ambiental, descrito por la Resolución en mención, se obtuvieron para cada Estación en cada jornada, en cada horario, los valores LAeq. Este valor fue encontrado, aplicando el siguiente procedimiento:

Cada medición con la distribución efectuada en los quince (15) minutos, según se estipula en el Artículo 5 de esta resolución, debe constar de cinco (5) mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales, cada una de las cuales debe tener una posición orientada del micrófono, así: Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical hacia arriba. El resultado de la medición es obtenido mediante la siguiente expresión (Resolución 0627, 2006):

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{5} \cdot (10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}}) \right)$$

Figura 9. Fórmula Valor equivalente resultante de la emisión (LAeq), Adaptado de la (Resolución 0627, 2006)

Donde:

L_N = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte

L_O = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste

L_S = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur

L_E = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este

L_V = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical

Los cálculos para el hallazgo de los valores L_{Aeq} , se encuentra en el *Apéndice E*. El análisis fuerte de la información primaria recolectada, se encontrará posterior a este subtítulo donde está plasmado el análisis estadístico, la presentación organizada de los datos funciona como un abrebocas para el análisis a fondo de la información.

Es de vital importancia mencionar, que se tuvo en cuenta el procedimiento descrito en el Anexo 2 de la Resolución 0627 de 2006, para realizar las correcciones necesarias a los datos. Para el presente proyecto, fue necesario realizar algunos ajustes impulsivos (K_I) y tonales (K_T) debido a la ubicación de los puntos de medición y de la zona de estudio. Las posibles razones por las cuales en la Estación 1, 2 y 3 se obtuvieron percepciones netas y fuertes de componentes impulsivos K_I , puede estar relacionadas con las fuentes de emisión externas de ruido presentadas, las cuales en su mayoría son de origen antropogénico. En el *Apéndice F*, se puede encontrar la información acerca de dichos ajustes.

Día hábil

La jornada de monitoreo diurno se realizó en la Estación 1 el día 27 de febrero de 2018 de 4:00 p.m. a 6:00 p.m., mientras que el monitoreo nocturno se realizó el mismo día de 2:00 a.m. a 4:00 a.m. En relación a la Estación 2, el monitoreo diurno se ejecutó el día 23 de febrero de 3:00 p.m. a 5:00 p.m., mientras que el nocturno se realizó el día 25 de Febrero de 3:00 a.m. a 5:00 a.m. Finalmente en la Estación 3 la jornada diurna se realizó el día 28 de Febrero de 8:00 a.m. a 10:00 a.m. y la nocturna se ejecutó en la misma fecha de 2:00 a.m. a 4:00 a.m.; los resultados de lo mencionado se exponen en la *Tabla 25*. Los horarios y fechas de monitoreo fueron mencionados en la metodología en la *Tabla 14*.

Tabla 25. Resultados dB(A) jornada hábil

Dirección del micrófono	Día hábil					
	Estación 1		Estación 2		Estación 3	
	Diurno (dBA)	Nocturno (dBA)	Diurno (dBA)	Nocturno (dBA)	Diurno (dBA)	Nocturno (dBA)
N	72,1	54,6	67,9	72,7	76,7	64,9
	71,0	47,8	67,5	76,7	74,0	61,9
	71,7	47,8	69,2	74,9	72,6	63,5
	71,1	47,9	67	74,5	72,6	65,1
	70,1	40,1	66,6	66,5	72,6	62,1
O	72,6	44,8	68,4	79,3	72,6	65,7
	71,7	40,1	67,6	74,5	75,3	61,7
	71,1	44,4	70,2	78,7	70,7	65,5
	74,7	44,8	67,6	65,8	75,9	64,6
	72	68,3	67,6	76,3	77,4	66,8
S	70,8	79,2	69	74,6	76,4	67,0
	73,2	78,1	67,5	76,1	77,2	65,8
	72,1	75,4	66,2	75,1	76,7	63,0
	73	16,3	66,5	76,3	76,5	62,0
	72,3	15,6	67,6	78,8	77,1	66,3
E	73,3	65,1	67,8	68,8	77,1	64,5
	71,1	66,7	66,4	80,5	75,5	64,2
	73,3	71,2	67,0	72,8	74,0	68,8
	73,3	69,1	66,4	68,3	73,7	68,4
	75,2	63,2	68,4	71,2	75,8	63,5
V	71,5	70,9	67,2	75	75,5	61,9
	72,5	66,8	69	68,9	73,7	60,3
	69,7	66,4	67,2	68,7	74,9	63,0
	72,9	70,8	68,4	61,6	76,1	56,6
	71,8	62,8	67,6	78	74,1	59,7

NOTA. Datos de los Niveles obtenidos de las mediciones en las diferentes jornadas, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Posteriormente se graficaron los datos de ruido ambiental para cada estación con el fin de identificar visualmente el comportamiento de los mismos. En la *Figura 10.* se observan los valores de registrados en el horario diurno y nocturno para la estación 1, en ella se evidencia una leve variación de los datos tomados para el primer horario en mención -lo cual se refleja en el bajo valor de desviación estándar-; por otra parte, los valores tomados en el horario nocturno mostraron mayor variación, la desviación estándar da razón de una dispersión considerable de los datos con valor de 17,22 dBA con respecto a la media, el cual es influenciado por datos anómalos extremos de 15,6 y 79,2 dBA.

De acuerdo a lo anterior, es preciso decir que para la estación 1 los valores mínimos de ruido ambiental se presentaron en el horario nocturno, las variaciones encontradas en este horario pueden explicarse por el menor flujo vehicular, sin embargo, es posible que los picos detectados estén relacionados con el tráfico esporádico de motocicletas y automóviles y las fuentes naturales de acuerdo a lo mencionado en la *Tabla 31*. En cuanto al horario diurno es evidente que presentó mayores valores de ruido ambiental, la menor variación de los datos se podría explicar por el aumento del tráfico de motocicletas, automóviles y vehículos de carga pesada -que presenta flujo constante al ser una vía de orden nacional- en un horario en el que normalmente se retoman las actividades socioeconómicas de la ciudad, de igual forma se destaca la influencia de las fuentes naturales.

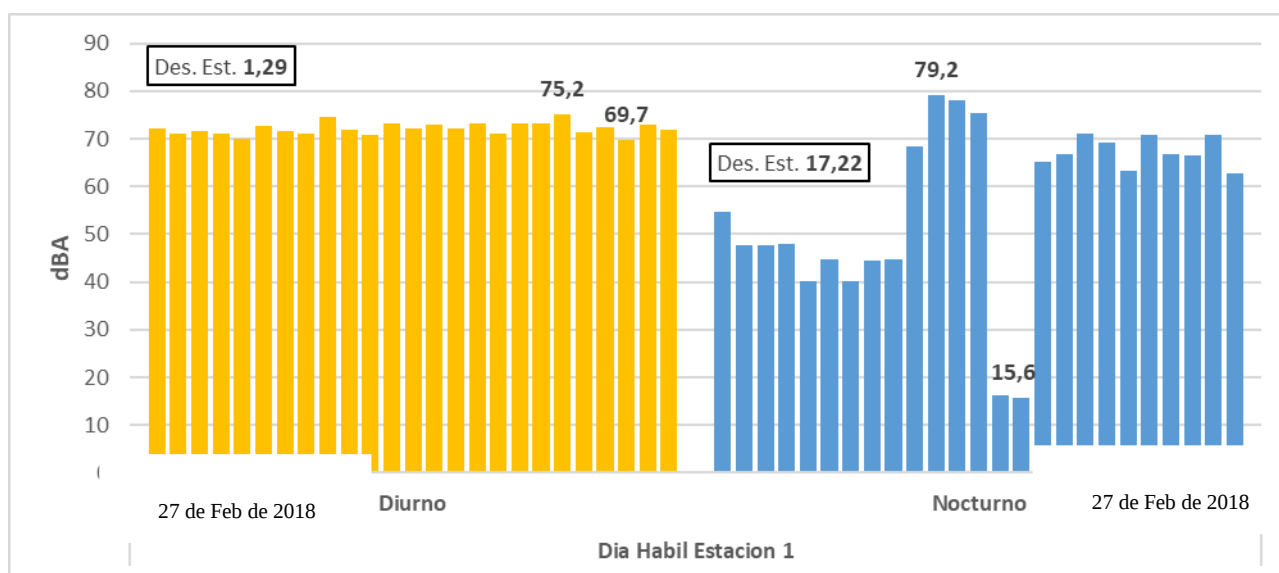


Figura 10. Resultados Jornada Hábil horario diurno y nocturno Estación 1, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Por otro lado, en la *Figura 11*. se observa el comportamiento de los valores de ruido ambiental en los horarios diurno y nocturno para la estación 2, en esta se muestran que para el primer horario mencionado no se presentan grandes variaciones los cual se soporta en la reducida desviación estándar; estos resultados pueden estar asociados al flujo frecuente de tránsito de vehículos de carga pesada, motocicletas y fuentes naturales.

En cuanto a lo datos registrados en el horario nocturno se encontraron variaciones más significativas -evidenciadas con la desviación estándar de 4,70 y la diferencia de 18,9 dBA entre valor máximo y mínimo-; de acuerdo a lo anterior, se presentaron niveles más altos de ruido en el

horario nocturno para esta estación, que pueden estar relacionados tanto al flujo vehicular -que de hecho es menor en este horario- como a la presencia de personas en la zona.

Al comparar los resultados mencionados con los obtenidos en la primera estación se destacan menores valores de ruido ambiental y variaciones en horario diurno, así como mayores registros de ruido ambiental y menores variaciones en horario nocturno, para la estación 2.

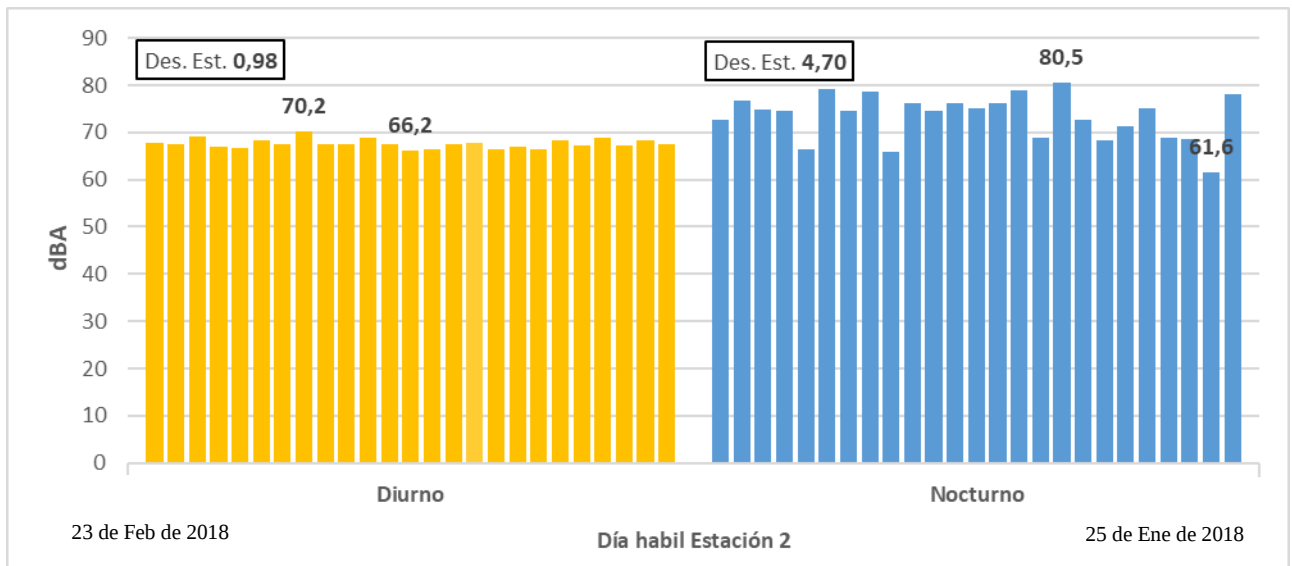


Figura 11. Resultados Jornada Hábil horario diurno y nocturno Estación 2, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Seguidamente, en la Figura 12. se muestra el comportamiento de los registros de ruido ambiental en los horarios diurno y nocturno para la estación 3, en ella se observan variaciones bajas en los valores tomados en horario diurno, presentando una diferencia de 6,7 dBA entre dato máximo y mínimo, así como una desviación estándar reducida. Al relacionar el comportamiento mencionado con lo obtenido para las estaciones 1 y 2 se destaca que en la estación 3 se presentaron los niveles más elevados y las mayores variaciones de ruido ambiental para el horario diurno, lo que podría estar asociado además del flujo permanente de tráfico vehicular, al funcionamiento del taladro mecánico, pulidora y maquinaria pesada.

Por otra parte, en el horario nocturno se presentaron mayores variaciones de los datos tomados -con desviación estándar de 2,79 y diferencia de máximos y mínimos de 12,2 dBA- en relación con lo obtenido para el horario diurno en esta misma estación, sin embargo, al hacer una comparación con el comportamiento obtenido en las 2 estaciones restantes se destaca que en la estación 3 donde se presentan las menores fluctuaciones y niveles más bajos de ruido ambiental,

lo que puede estar ligado principalmente a las fuentes naturales debido a que es el punto de mayor lejanía del perímetro urbano.

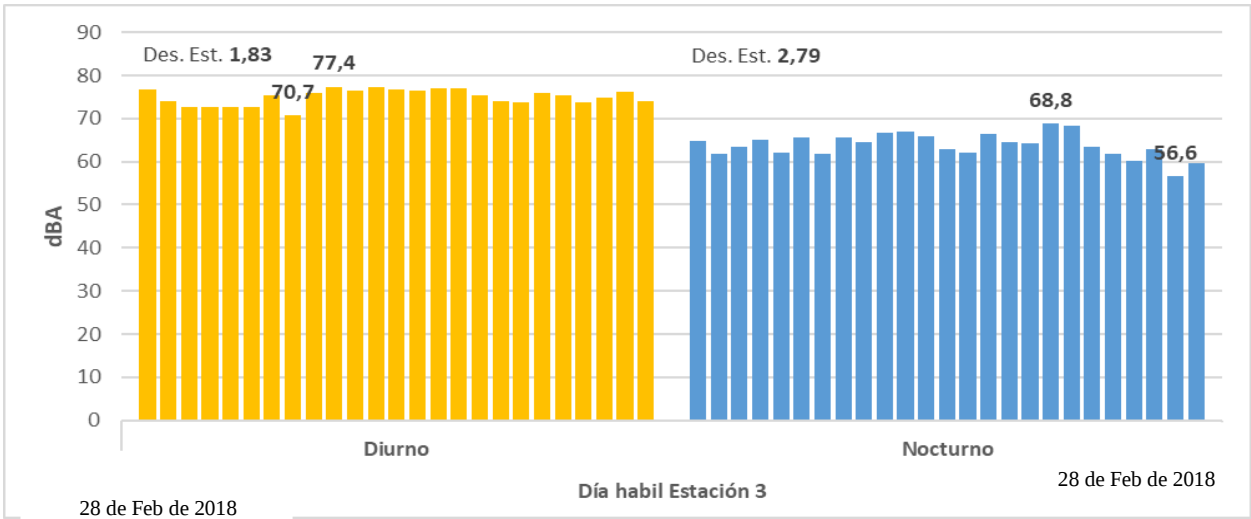


Figura 12. Resultados Jornada Hábil horario diurno y nocturno Estación 3, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Horario Diurno

En la Tabla 26. se presenta la síntesis de los resultados obtenidos para el monitoreo ambiental hábil diurno.

Tabla 26. Resultado monitoreo ambiental hábil diurno

Estación	#LocQuest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
1	S859	72,2	72,6	71,5	73,9
2	S845	67,7	68,1	67,2	69,1
3	S860	75,1	75,3	74,6	77,1

NOTA: Síntesis de los resultados obtenidos para el monitoreo ambiental, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Horario Nocturno.

En la Tabla 27. Se presenta la síntesis de los resultados obtenidos para el monitoreo ambiental hábil nocturno.

Tabla 27. Resultado monitoreo ambiental hábil nocturno

Estación	#LocQuest	LAeq dBA	Lmax dBA	Lmin dBA	L90 dBA
1	S856	63,5	57,2	56,2	76,5
2	S853	73,8	73,8	72,9	79
3	S861	64,2	64,1	63,6	67,6

NOTA: Síntesis de los resultados obtenidos para el monitoreo ambiental, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Día no hábil.

La jornada de monitoreo diurno se realizó en la Estación 1 el día 11 de Marzo de 2018 de 9:00 a.m. a 11:00 a.m., mientras que el monitoreo nocturno se realizó el mismo día de 3:00 a.m. a 5:00 a.m. En relación a la Estación 2, el monitoreo diurno se ejecutó el día 25 de Febrero de 11:45 a.m. a 1:45 p.m., mientras que el nocturno se realizó el día 24 de Febrero de 5:00 a.m. a 7:00 a.m. Finalmente en la Estación 3 la jornada diurna se realizó el día 4 de Marzo de 9:00 a.m. a 11:00 a.m. y la nocturna se ejecutó en la misma fecha de 2:00 a.m. a 4:00 a.m.; los resultados de lo mencionado se exponen en la *Tabla 28*. Los horarios y fechas de monitoreo fueron mencionados en la metodología en la *Tabla 14*.

Tabla 28. Resultados dB(A) jornada no hábil

Dirección del micrófono	Día no hábil					
	Estación 1		Estación 2		Estación 3	
	Diurno (dBA)	Nocturno (dBA)	Diurno (dBA)	Nocturno (dBA)	Diurno (dBA)	Nocturno (dBA)
N	58,2	70,8	73,0	15	65,5	61,5
	57,0	57,4	74,1	14,4	66,9	65,2
	56,9	57,9	77,6	14,6	71,8	64,2
	60,9	58,5	72,4	15	69,5	59,8
	67,8	52,9	72,8	16,1	72,2	70,1
O	82,4	79,2	72,0	14,9	69,9	66,7
	81,5	74,9	71,1	15,7	75,4	64,0
	79,2	64,8	71,8	15,1	84,1	64,4
	67,6	80,4	69,4	15,8	84,4	61,0
	77,1	67,7	67,5	16,5	82,3	59,7
S	83,7	63,1	68,5	16,3	80,8	64,5
	78,3	57,5	68,3	17,6	80,4	54,3
	67,8	61,0	67,9	17,1	81,3	57,1
	52,5	61,5	68,8	17,5	72,4	62,0
	58,8	60,7	68	15,6	27,6	59,0
E	59,4	62,3	72,0	16,6	58,0	58,0
V	75,3	72,9	67,6	16,6	64,1	54,5
	78,0	63,2	69,3	15,1	62,6	61,2
	81,9	71,7	66,9	15,7	64,7	60,5
	80,1	66,4	67,2	15,7	14,3	60,4
	81,1	60,4	67,5	15,6	14,3	60,0
	80,6	65,1	67,4	18,8	14,3	61,1
	82,7	58,7	68,2	16,4	14,3	61,8
	74,6	58,7	71,1	16,5	14,3	58,0
	73,4	61,8	67,6	17,0	14,3	59,6

NOTA. Datos de los Niveles obtenidos de las mediciones en las diferentes jornadas, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Seguidamente, al igual que para los registros de día hábil, se graficaron los datos de ruido ambiental para cada estación para identificar su comportamiento. En la *Figura 12*. se aprecian los valores registrados en los horarios diurno y nocturno para la estación 1, en esta se observa variación alta entre los datos, mostrando una diferencia de 31,2 dBA entre valores máximos y mínimos, así como una elevada desviación estándar, comportamiento que difiere con los resultados obtenidos para el día hábil, estas fluctuaciones pueden estar asociadas a las diferentes fuentes de ruido registradas en campo para los dos grupos -destacando la influencia de transeúntes y sirena de ambulancia para día no hábil-.

Igualmente, los datos tomados para el horario nocturno muestran variaciones significativas - con diferencia de 27,5 dBA entre valores máximos y mínimos, así como elevada desviación estándar- aunque menores a las del horario diurno, este fenómeno se puede relacionar con la disminución del flujo vehicular y transeúntes en horas de la madrugada, sin embargo, las fluctuaciones podrían también estar influenciadas por la sirena de ambulancia y las fuentes naturales.

En términos generales se destaca que en el grupo de datos tomados en la estación 1 para día no hábil presentaron mayores fluctuaciones en comparación con los registros del día hábil.

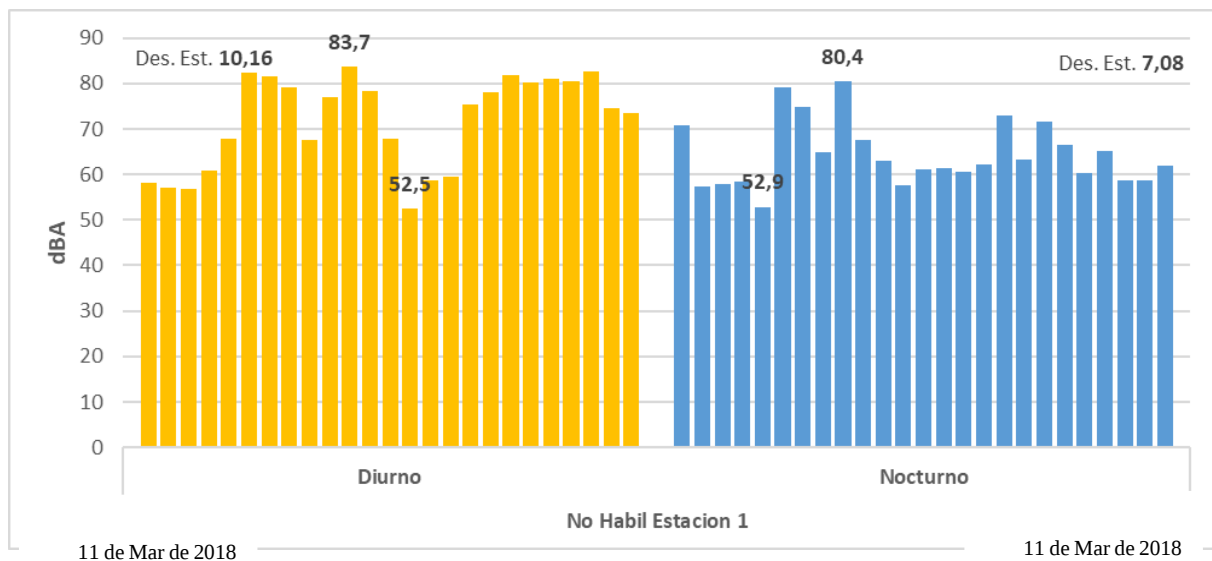


Figura 13. Resultados Jornada No Hábil horario diurno y nocturno Estación 1, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En la *Figura 14*. se expone el comportamiento de los niveles de ruido ambiental en los horarios diurno y nocturno para la estación 2, en ella se aprecia que para el horario diurno se presentaron

variaciones considerables, aunque menores que las obtenidas en la estación 1, con desviación estándar alta y diferencia de 10,7 entre valores máximos y mínimos. El comportamiento mencionado podría estar relacionado con el flujo vehicular, principalmente de vehículos de carga pesada y motocicletas, se destaca particularmente la influencia de sirena de estacionamiento para esta estación; en relación con los resultados expuestos para día hábil se resalta que los niveles de ruido fueron más elevados –aunque en bajas proporciones- en el grupo de día no hábil.

Por otra parte, los valores obtenidos en horario nocturno muestran un comportamiento particularmente bajo en cuanto a niveles de ruido, obteniendo una diferencia de 4,4 dBA entre valores máximos y mínimos, así como una desviación estándar reducida. A pesar de que en campo se registró tránsito vehicular, este comúnmente es escaso en días no hábiles, igualmente de resalta la influencia de música en la zona aledaña. Al realizar la comparación de lo anterior con los resultados obtenidos para día hábil, se hace evidente una reducción significativa en el ruido ambiental para día no hábil, así como de la estación 1 a la 2 en horario nocturno.

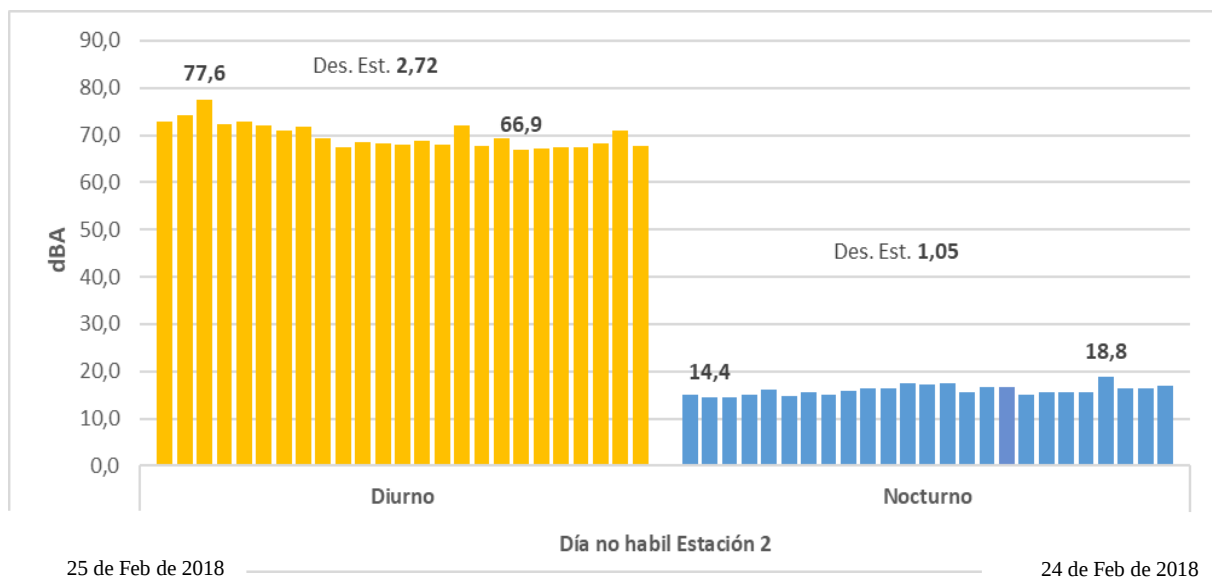


Figura 14. Resultados Jornada No Hábil horario diurno y nocturno Estación 2, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Finalmente, en la Figura 15. se muestra el comportamiento de los datos de ruido ambiental en los horarios diurno y nocturno para la estación 3, en esta se puede observar que para el horario diurno se presentaron variaciones fuertes lo cual se ve reflejado en el valor elevado de desviación estándar, así como en la diferencia de valores máximos y mínimos -70,1 dBA-, esta variación está influenciada por valores anómalos de 14,3 dBA repetitivos en las ultimas 6 mediciones. Estas

mediciones presentaron las mayores fluctuaciones de todo el estudio y de acuerdo con la *Tabla 31*, podrían asociarse al tránsito de vehículos de carga pesada, paso de transeúntes, sirena de ambulancia y maquinaria pesada.

En cuanto al comportamiento de los datos en el horario nocturno igualmente se presentaron variaciones altas, sin embargo, considerablemente menor a las del horario diurno, con de desviación estándar elevada y diferencia de valores máximos y mínimos de 15,8 dBA. Se destaca que en esta estación incrementan nuevamente los niveles de ruido ambiental luego de haber disminuido en la estación 2, lo cual puede relacionarse el tránsito de vehículos de carga pesada y la influencia de música en las zonas aledañas. En términos generales se obtuvo que para el grupo de datos tomados en día no hábil se presentaron mayores variaciones en el horario diurno para las tres estaciones, de igual forma se destaca que la estación 2 presento los niveles de ruido ambiental más bajos de todo el estudio.

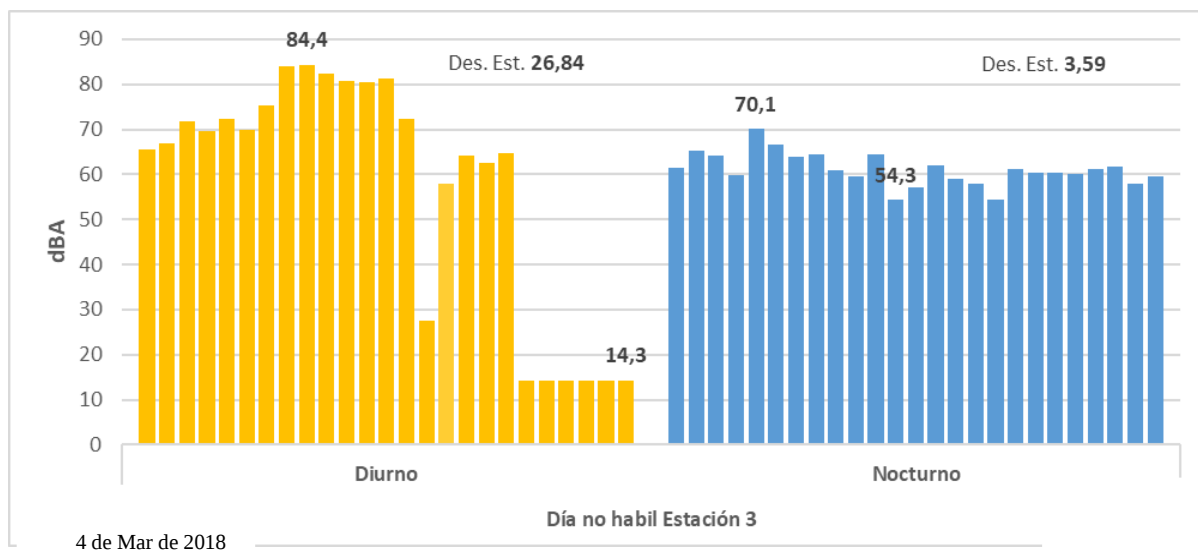


Figura 15. Resultados Jornada No Hábil horario diurno y nocturno Estación 3, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Horario Diurno.

En la *Tabla 29*. Se presenta la síntesis de los resultados obtenidos para el monitoreo ambiental no hábil diurno. Vale mencionar que las convenciones de las variables que se presentarán a continuación, se encuentran expuestas en la *Tabla 13*. Parámetros de estudio.

Tabla 29. Resultado monitoreo no hábil horario diurno

Punto	Descripción del Punto	#Loc Quest	Laeq - dBA	Lmin dBA	Lmax dBA	L90 dBA
1	Estación 1	S867	75,2	52,2	84,2	82,52
2	Estación 2	S854	70,5	66,5	78	73,44
3	Estación 3	S863	73,0	13,6	84,7	83,02

NOTA: Síntesis de los resultados obtenidos para el monitoreo ambiental, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Horario Nocturno.

En la *Tabla 30*, se presentan los promedios de los resultados obtenidos para el monitoreo ambiental no hábil nocturno.

Tabla 30. Resultado monitoreo no hábil horario nocturno

Punto	Descripción del Punto	#Loc Quest	Laeq dBA	Lmin dBA	Lmax dBA	L90 dBA
1	Estación 1	S866	67,9	52,4	80,6	76,62
2	Estación 2	S846	16,1	13,9	19,3	17,54
3	Estación 3	S862	61,7	54	70,4	65,8

NOTA: Síntesis de los resultados obtenidos para el monitoreo ambiental, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En resumen, para llevar a cabo las comparaciones que se llevaron de los valores encontrado con los valores estándar permitidos por la Resolución 0627 de 2006, se generaron dos tablas en las cuales se hallaron los promedios de los días hábiles y no hábiles en horario diurno y de la misma forma para horario nocturno, tal y como se muestra en la *Tabla 31* y *Tabla 32*.

Tabla 31. Promedio LAeq hábiles y no hábiles horario diurno

PROMEDIO HÁBIL/NO HÁBIL - DIURNO

Punto	Descripción del Punto	Laeq - dBA
1	ESTACIÓN 1	73,7
2	ESTACIÓN 2	69,1
3	ESTACIÓN 3	74,0

NOTA: Niveles de ruido ambiental generado en las tres estaciones, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Tabla 32. Promedio LAeq hábiles y no hábiles horario nocturno

PROMEDIO HÁBIL/NO HÁBIL - NOCTURNO

Punto	Descripción del Punto	Laeq - dBA
1	ESTACIÓN 1	65,7
2	ESTACIÓN 2	45,0
3	ESTACIÓN 3	63,0

NOTA: Niveles de ruido ambiental generado en las tres estaciones, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Fuentes de emisión de ruido.

Para evaluar el ruido ambiental generado en algún área definida, debe tenerse en cuenta en la toma de mediciones, todos los componentes generadores de ruido que pueden estar emitiendo diferentes fuentes de emisión. Es de vital importancia realizar una inspección e identificación de estas fuentes y de los posibles eventos que puedan estar influyendo en la obtención normal de los resultados.

Además del tráfico automotor, el cual es considerado como una de las principales fuentes de ruido, en entornos urbanos aparecen una gran variedad de otras fuentes sonoras, como son las actividades de la industria, las obras públicas y construcciones, las sirenas, alarmas y pitos, así como las actividades lúdicas y recreativas, entre otras. Todas las anteriores en conjunto producen lo que se conoce como ‘contaminación acústica urbana’. (Escobar, 2012)

Para realizar una correcta identificación y análisis de las posibles fuentes de emisión de ruido que influyeron con algún aporte en las mediciones realizadas, es necesario tener en cuenta fuentes y actividades tanto naturales como antrópicas. En este sentido, dentro de los formatos de campo diligenciados, se contó con un espacio donde se describieron eventos de ruido específicos que pudieron haber afectado la medición. A continuación, en la *Tabla 33*. Se presentan las fuentes de emisión externas identificadas en campo en cada Estación de muestreo, en jornada de día hábil (horario diurno y nocturno) y en jornada no hábil (horario diurno y nocturno), de acuerdo al registro en los formatos de campo.

Tabla 33. Fuente de emisión de ruido para jornada hábil y no hábil.

Punto de muestreo	Fuentes de emisión de ruido percibidas en la jornada del día hábil			
	DIURNO		NOCTURNO	
	FUENTES DE EMISIÓN EXTERNAS		FUENTES DE EMISIÓN EXTERNAS	
	Fuente identificada en campo	Tipo de fuente	Fuente identificada en campo	Tipo de fuente
Estación 1	Fauna local (aves, insectos)	Natural	Fauna local (aves, insectos, chicharras)	Natural
	-Tránsito de vehículos de carga pesada.(retroexcavadora, tractocamión) - Bocina procedente de vehículos. -Tránsito de motocicletas	Antropogénica	-Tránsito de vehículos y motocicletas - Bocina procedente de vehículos. -Tránsito de motocicletas	Antropogénica

Tabla 33. Continuación

Punto de muestreo	Fuentes de emisión de ruido percibidas en la jornada del día hábil			
	DIURNO		NOCTURNO	
	FUENTES DE EMISIÓN EXTERNAS		FUENTES DE EMISIÓN EXTERNAS	
	Fuente identificada en campo	Tipo de fuente	Fuente identificada en campo	Tipo de fuente
Estación 2	Fauna local (insectos, chicharras)	Natural	Fauna local (aves, insectos chicharras)	Natural
	-Tránsito vehicular (camiones, tractocamiones) -Tránsito de motocicletas	Antropogénica	-Tránsito vehicular (tractocamiones) -Tránsito de motocicletas -Presencia de personas en la zona	Antropogénica
	Fauna local (insectos, chicharras)	Natural	Fauna local (aves, perros insectos)	Natural
Estación 3	-Tránsito vehicular -Funcionamiento de taladro mecánico y pulidora -Maquinaria pesada	Antropogénica	-Tránsito de vehículos de carga pesada -Tráfico de motocicleta	Antropogénica
Fuentes de emisión de ruido percibidas en la jornada del día no hábil				
Punto de muestreo	DIURNO		NOCTURNO	
	FUENTES DE EMISIÓN EXTERNAS		FUENTES DE EMISIÓN EXTERNAS	
	Fuente identificada en campo	Tipo de fuente	Fuente identificada en campo	Tipo de fuente
Estación 1	Fauna local (aves, insectos)	Natural	Fauna local (aves, perros, insectos)	Natural
	-Tránsito de vehículos de carga pesada. -Transeúntes -Sirena de ambulancia -Tránsito de motocicletas	Antropogénica	-Tránsito de vehículos de carga pesada -Sirena de ambulancia	Antropogénica
	Fauna local (insectos, chicharras, aves)	Natural	Fauna local (aves, perros chicharras)	Natural
	-Tránsito de vehículos de carga pesada (tractocamiones) -Tránsito de motocicletas -Sirena de estacionamiento	Antropogénica	-Tránsito vehicular -Música -Tráfico de motocicletas	Antropogénica
Estación 2	Fauna local (insectos, chicharras, aves, perros)	Natural	Fauna local (aves, perros insectos)	Natural
	-Tránsito de vehículos de carga pesada -Paso de transeúntes -Sirena de ambulancia -Maquinaria pesada	Antropogénica	-Tránsito de vehículos de carga pesada -Música	Antropogénica
	-Tránsito de vehículos de carga pesada -Paso de transeúntes -Sirena de ambulancia -Maquinaria pesada	Antropogénica	-Tránsito de vehículos de carga pesada -Música	Antropogénica

NOTA: Descripción de los eventos de ruido específicos que pudieron haber afectado la medición, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Estos resultados de las fuentes de emisión descrita en los formatos de campo como observaciones, concuerdan totalmente con la identificación inicial de los factores que aportan al ruido ambiental monitoreado en el tramo de estudio.

Mediciones de ruido específico.

Teniendo en cuenta que uno de los principales aportantes de ruido ambiental fue la maquinaria pesada, se procedió a realizar las mediciones de ruido específico emitido por cada máquina utilizada en la obra; todos los monitoreos se realizaron mediante 5 tomas cada 3 minutos, se realizaron el día 24 de Febrero de 2018 a excepción de la maquina Motoniveladora Volvo 720 A la cual se monitoreo el día 5 de Marzo de 2018; las franjas horarias utilizadas para cada una fueron las siguientes -así mismo, los resultados de lo mencionado se exponen en la Tabla 34.

-Retrocargador 410 John Deere → 12:36 p.m. a 12:48 p.m.

-Retrocargador 410J John Deere → 10:17 a.m. a 10:29 a.m.

- Retroexcavadora Hitachi 210 → 11:50 a.m. a 12:02 a.m.

- Retroexcavadora John Deere → 11:06 a.m. a 11:18 a.m.

- Motoniveladora Volvo 720 A → 10:35 a.m. a 10:47 a.m.

Tabla 34. Resultados de mediciones de dB(A) maquinaria

Máquina	Medición 1 (dB)	Medición 2 (dB)	Medición 3 (dB)	Medición 4 (dB)	Medición 5 (dB)
Retrocargador 410 John Deere	64,4	63,9	63,5	63,3	62,7
Retrocargador 410 Jhon Deere (2)	83,1	82,3	79,5	80,0	71,7
Motonivelador a Volvo 720 A	79,8	81,3	80,2	79,8	79,8
Retroexcavado ra Hitachi 210	77,5	78,6	78,4	72,3	78,6
Retroexcavado ra John Deere	74,8	74,7	74,7	74,8	74,8

NOTA: Relación de maquinaria pesada específica utilizada, objeto de medición de ruido en la, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Posteriormente se procedió a graficar los valores de ruido específico en la *Figura 16.* con el fin de identificar visualmente el comportamiento de los datos y determinar aquellas maquinas que emiten los mayores niveles. En la figura en mención se puede observar que las maquinas con mayor emisión son la Motoniveladora Volvo 720 A y el Retrocargador 410J John Deere los cuales

presentan valores por encima de los 80 dB, sin embargo, estos tienen a disminuir o estabilizarse al transcurrir a partir de la tercera medición.

Por otra parte, la máquina que menor ruido específico emite es el Retrocargador 410 John Deere, con valores por debajo de los 65 dB, disminuyendo el nivel de ruido a partir de la segunda medición. La máquina que presentó los valores de ruido menos variantes es la Retroexcavadora John Deere, mientras que la Retroexcavadora Hitachi 210 presentó las mayores fluctuaciones en las mediciones

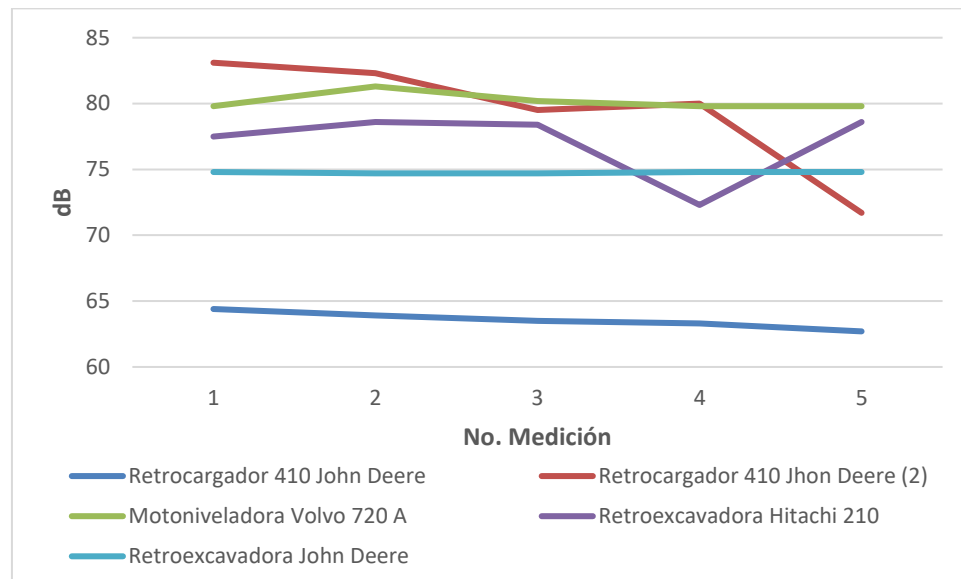


Figura 16. Emisiones de ruido maquinaria, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Análisis estadístico.

Con el presente análisis estadístico, se buscó determinar los efectos que producen sobre la variable intensidad de ruido medidos en decibeles, los siguientes factores; la estación, refiriéndose con esta al sitio donde son tomadas las medidas, la jornada (diurna o nocturna) y finalmente el factor que indica si el día de la medición era un día hábil o no, por lo que se realizará un estudio comparativo buscando determinar si existe o no diferencia significativa entre cada uno de los grupos de estudio, para esta investigación se trabajó con una muestra de 300 mediciones distribuidas como lo muestra la *Tabla 35*.

Tabla 35. Distribución grupos de estudio

		Etiqueta de valor	N
Estaciones	1	Estación 1	100
	2	Estación 2	100
	3	Estación 3	100
Horario	1	Diurno	150
	2	Nocturno	150
Hábil o No Hábil	1	Hábil	150
	2	No Hábil	150

NOTA: Efectos que producen sobre la variable intensidad de ruido medidos en decibeles, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Para llevar a cabo lo planteado anteriormente, se probará mediante la comprobación de las siguientes hipótesis:

1. Existe diferencia entre el promedio de dB medidos en cada una de las estaciones.
2. El horario nocturno y diurno generan diferencia significativa en los niveles de dB según las estaciones donde se tomaron las mediciones.
3. Determinar si el hecho de que sea un día hábil o no, influyen en el nivel de ruido producido en cada una de las estaciones.

Para el juzgamiento de las hipótesis anteriores se realizará un análisis de varianza, para llevar a cabo el estudio de los efectos que produce sobre la variable dB de cada uno de los factores tenidos en cuenta se utilizará un diseño de bloques y más específicamente un cuadrado latino, que incluye un factor principal y dos bloques, donde se toma los siguientes elementos para el modelo.

- Variable respuesta: mediciones de dB
- Factor: estaciones donde se realizaron las mediciones de dB, en tres estaciones.
- Bloque 1: Horario en el que fue tomada la medición dos niveles (diurno, nocturno).
- Bloque 2: Día en el que fue tomada la medición dos niveles (Hábil, No Hábil)

Para determinar el efecto que tiene cada uno de los factores mencionados sobre la variable respuesta se utilizara el siguiente modelo estadístico, que como ya se mencionó corresponde a un cuadrado latino.

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Corresponde a la medición realizada en el sector i-esimo, bajo el j-esimo horario, y en el k-esima clasificación de día hábil o no hábil.

μ : Es la media de dB poblacionales.

τ_i : Efecto que tiene sobre la variable dB, el hecho de tomar la medición en el sector i-esimo.

γ_j : Corresponde al efecto sobre la variable dB, que produce haber tomado la medida en el día o en la noche.

δ_k : Corresponde al efecto sobre la variable dB, que produce haber tomado la medida en un día hábil o en un día no hábil.

ε_{ijk} : Este corresponde al error aleatorio atribuible a la medición.

Teniendo claro el modelo mediante el cual se juzgarán las hipótesis, en otros términos lo que se va a probar es que los efectos mencionados τ_i , γ_j , δ_k , en realidad afectan la variable dB, o son cero, en cuyo caso se establecería que no existe variación entre los promedios de dB poblacionales, para verificar esto a continuación se plantean las hipótesis a juzgar.

Hipótesis respecto a las estaciones

$$\begin{array}{l} \text{Hipótesis respecto al horario} \\ \left\{ \begin{array}{l} H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0 \\ \text{vs} \\ H_a : \tau_i \neq 0 \text{ para algun tratamiento } i \end{array} \right. \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = 0 \\ \text{vs} \\ H_a : \gamma_j \neq 0 \text{ Para algun bloque } j \end{array} \right.$$

Hipótesis respecto a los días

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 : \delta_1 = \delta_2 = 0 \\ \text{vs} \\ H_a : \delta_k \neq 0 \text{ Para algun bloque } k \end{array} \right.$$

Para estimar los estadísticos de prueba y los valores de significancia, se utilizó el software SPSS, mediante el cual se construyó el modelo arrojando la siguiente tabla ANOVA (Ver *Tabla*

36.), que representa el análisis de variabilidad de la variable principal, estimando la significancia que tiene cada uno de los factores participantes en el proceso de clasificación y comparación, todos los juzgamientos se llevarán a cabo con un 95% de confianza.

Tabla 36. Tabla ANOVA

Pruebas de efectos						
Variable dependiente: Medición de dB						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Estadístico de Prueba F	Significancia p-valor	Eta parcial al cuadrado
Modelo	1196138,897 ^a	5	239227,779	989,623	,000	,944
Est.	5021,124	2	2510,562	10,386	,000	,066
Horario	12629,541	1	12629,541	52,245	,000	,150
Día	9823,530	1	9823,530	40,637	,000	,121
Error	71312,213	295	241,736			
Total	1267451,110	300				
a. R al cuadrado = ,944 (R al cuadrado ajustado = ,943)						

NOTA: Resultado cuantitativo del análisis de variabilidad de la variable principal, estimando la significancia que tiene cada uno de los factores participantes en el proceso de clasificación y comparación, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

La Tabla 36. corresponde al análisis de varianza de la variable principal dB, en la cual se resaltaron dos columnas una de color azul y la otra de color naranja, en estas dos columnas se encuentran el p-valor o valor de significancia, mediante los cuales se juzgan las hipótesis planteadas anteriormente y en la de color naranja se tiene el valor de Eta parcial al cuadrado correspondiente al tamaño del efecto que tiene cada factor sobre la variable respuesta.

La regla de decisión para todas las hipótesis es, si el p-valor es mayor que 0,05 se acepta la hipótesis nula (H_0), y de manera alternativa si el p-valor es menor que 0,05 se rechaza (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a), en primer lugar es necesario resaltar que el modelo explica el 94,3% de la variabilidad total lo cual se puede determinar en base al R al cuadrado ajustado

ubicado en la parte inferior de la tabla, además el tamaño del efecto determina que tan influyente es el factor en la variable dB.

Factor estaciones

Todas las hipótesis tiene un p-valor menor que 0,05 lo cual indica que hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, lo cual implica que la estación en la cuales fueron tomadas las muestras si tiene un efecto sobre la variable respuesta dB, es decir que por lo menos en una de las estaciones los niveles promedio de dB difieren significativamente de los demás, y se puede apreciar que el tamaño del efecto para este factor es de 0.066 lo cual es índice de que tiene un tamaño de efecto mediano lo que indica que el nivel de influencia sobre la variación de la variable independiente dB.

Tabla 37. Comparaciones múltiples HSD (Diferencia Significativa Honesta) de Tukey

Medición de dB			
Estaciones	N	HSD Tukey	
		Subconjunto	
		1	2
Estación 2	100	56,756	
Estación 3	100		64,198
Estación 1	100		66,289

NOTA: nivel de influencia sobre la variación de la variable independiente dB, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En la *Tabla 37.* se muestran los resultados de las comparaciones múltiples HSD (Diferencia Significativa Honesta) de Tukey, mostrando los promedios por grupos homogéneos según el análisis de varianza realizado, y para este caso se tiene que no existe diferencia significativa entre la media de dB de las mediciones realizadas en la estación 1 y la estación 3, siendo esta un grupo, pero si existe diferencia significativa entre las medidas de la estación 2 con la 1 y la 3, para efectos comparativos se puede afirmar que en la estación que se encuentra menos niveles de ruido es en la estación 2.

Bloque Horario.

Las pruebas resultaron significativas para todos los bloques, ya que los p-valor en todos los casos es menor que 0.05, por lo tanto existe una diferencia significativa entre los promedios en dB del ruido producido por la obra y los vehículos en la vía, es decir que las mediciones promedio halladas

en el día difieren significativamente a las medidas en horario nocturno, además en la *Tabla 34*. ANOVA, se puede ver que en la columna de Eta parcial cuadrado es de 0.15, siendo este el tamaño del efecto más grande; es decir, que el factor que tiene mayor influencia en la variabilidad de dB. Los intervalos de confianza, varianza y desviación estándar por bloque horario se presentan en la *Tabla 38*.

Tabla 38. Intervalos de confianza, varianza y desviación estándar por bloque horario

		Horario		Estadístico
Medición de dB	Diurno	Media		68,903
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	66,803
			Límite superior	71,003
		Varianza		169,392
		Desviación estándar		13,0151
	Nocturno	Media		55,926
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	52,664
			Límite superior	59,188
		Varianza		408,842
		Desviación estándar		20,2198

NOTA: Resultados estadísticos desarrollados por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En el resumen numérico de la variable subdividida por grupos según el horario en el que fueron realizadas las mediciones, de esto es importante resaltar que el promedio de dB, en las mediciones echas de día es de 68.903 y en la noche un promedio de 55.926, y como el modelo determina que hay diferencia significativa se puede afirmar que en la noche el ruido disminuye.

Bloque Día.

Otro factor que se vinculó a este proceso comparativo es el de si la medición se llevó a cabo en un día hábil o no hábil, y como el p-valor en la tabla ANOVA es inferior a 0.05, hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, en términos de los efectos hay un impacto en la media poblacional el hecho de que la medición se realice en un día hábil o en uno no hábil, por otra parte se puede ver que el tamaño del efecto es de 0.121, lo que implica que resulta tener un componente alto para explicar la variabilidad existente en la variable ruido medidas en Db. En la *Tabla 39*. pueden evidenciarse los intervalos de confianza, varianza y desviación estándar en bloque día.

Tabla 39. Intervalos de confianza, varianza y desviación estándar en bloque día.

		Hábil o No Hábil		Estadístico
		Media		68,137
Medición de dB	Hábil	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	66,569
			Límite superior	69,704
			Desviación estándar	9,7175
	No Hábil	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	53,075
			Límite superior	60,309
			Desviación estándar	22,4196

NOTA: Resultados estadísticos desarrollados por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Para esta variable se puede ver que el promedio de dB medidos en días hábiles es de 68.137, mientras que las medidas realizadas en días no hábiles el promedio es de 56.692, y como se determinó que esta es una diferencia significativa, en días no hábiles se reduce los índices de ruido en dB, en las siguientes gráficas se puede ver lo que se ha descrito, en este proceso comparativo.

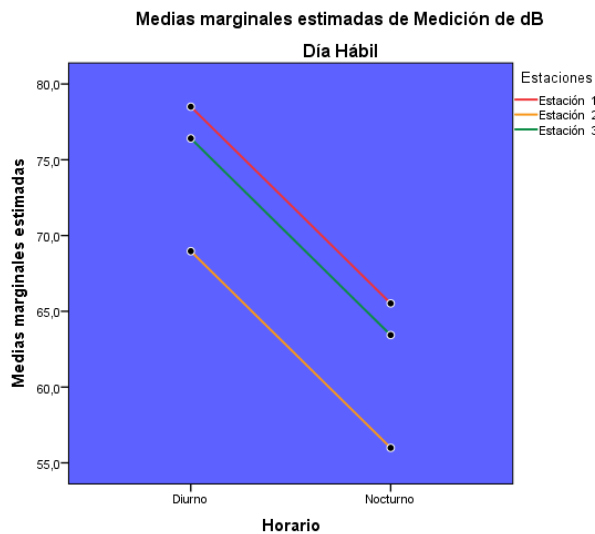


Figura 17. Medias marginales dB(A) día hábil, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

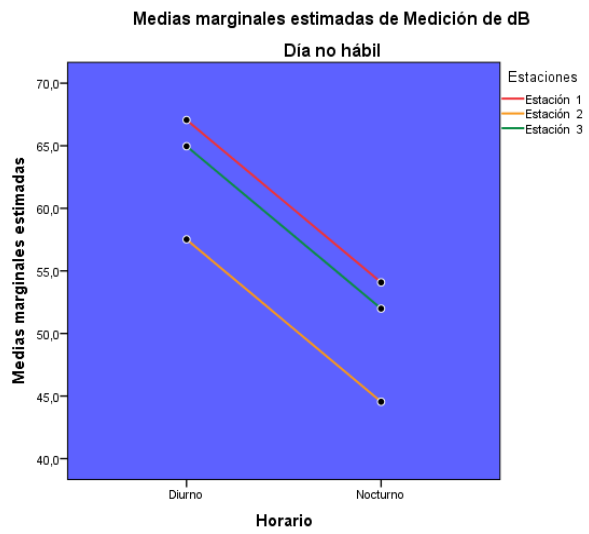


Figura 18. Medias marginales dB(A) día no hábil, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En la Figura 17. y la Figura 18. se puede apreciar en un primer lugar que el primer diagrama es de días hábiles y comparando esta con el segundo diagrama, se puede ver que hay una variación en la escala, para el caso de la primera esta entre 55 y 80, mientras que en la segunda es de 40 y

70, lo que indica que para los días no hábiles si existe una reducción como ya se había mencionado, que puede deberse a la inactividad de la obra en ejecución.

En ambos diagramas se encuentran definidas de manera superior la línea roja y verde, las cuales hacen referencia a las mediciones promedio estimadas realizadas en las estaciones 1 y 3, dejando en evidencia que estas dos estaciones tiene medidas promedio elevadas con relación a las mediciones que se hicieron en la estación dos, y muy representativa la variación existente entre las mediciones realizadas de día y las tomadas en la noche, presentando un descenso proporcional para cada uno de los grupos analizados.

Es necesario resaltar que para la evaluación de ajuste y comprobación de supuestos del modelo, se realizaron las pruebas de normalidad en los errores, y se encontró que los errores tienen una distribución aproximadamente normal con media cero y desviación estándar uno $\varepsilon_{ijk} : N(0,1)$, por otra parte los errores no están auto-correlacionados; es decir, son independientes, además de no existe una tendencia definida para la variabilidad por lo tanto se considera homocedástico, es decir de varianza constante.

Otras variables observadas

Paralelo a las mediciones hechas para determinar la cantidad de ruido producido por las máquinas utilizadas en las actividades de obra, se midieron variables como la temperatura la humedad relativa y velocidad del viento, y los resultados de estas mediciones con carácter de observación se describen a continuación.

Velocidad del viento

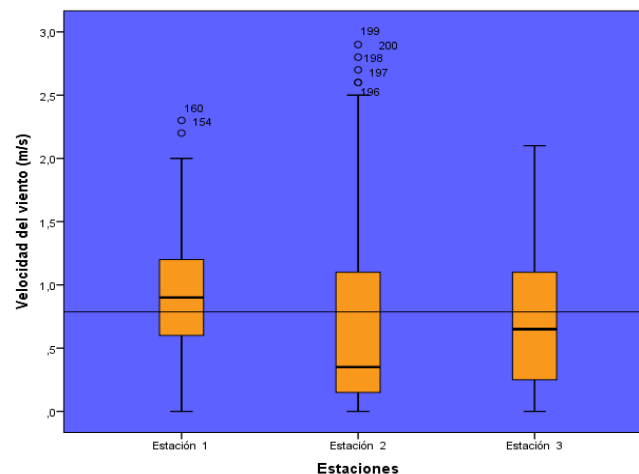


Figura 19. Velocidades del viento, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En esta variable se encontró un que el promedio por estaciones es de, 0.920 m/s, 0.705 m/s, 0.842 m/s respectivamente, en la *Figura 19*. se puede ver que, las mediciones realizadas en la estación 1 tiene un promedio superior al de las otras, aunque también se puede ver que la estación dos tiene un sesgo positivo mayor al que presentan en las otras dos estaciones, y en esta misma estación a pesar de tener mayor acumulación de datos por debajo de la media global hay presencia de datos atípicos muy extremos, mayores a 2.5 m/s.

Temperatura °C

La variable temperatura, tiene mayor homogeneidad que la velocidad del viento, en cada una de las estaciones la distribución es simétrica respecto a la media global, cabe resaltar que a pesar de existir mayor homogeneidad, las mediciones realizadas en la estación dos tiene mayor dispersión, lo cual es evidencia de que en esta estación los cambios de temperatura son más notorios.

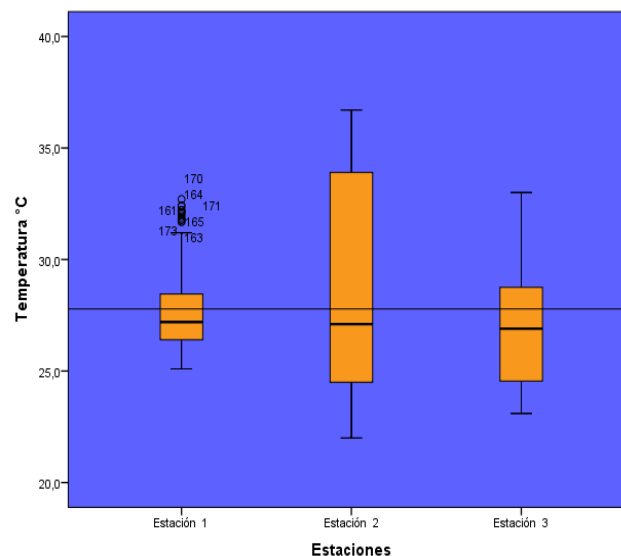


Figura 20. Temperatura, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En estas mediciones plasmadas en la *Figura 20*., se puede apreciar que la única estación en la que se encuentran datos atípicos es en la número 1, y es la estación con mayor agrupación de datos, los datos extremos en esta estación son normales en la estación dos, lo cual confirma los cambios de temperatura que se presentan en la estación dos.

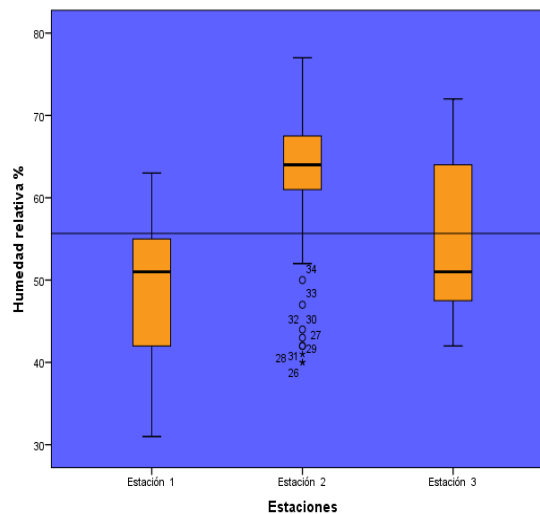
Humedad Relativa (%)

Figura 21. Humedad relativa (%), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Respecto a la humedad relativa en la *Figura 21*, se puede apreciar que en la Estación 1 es donde se encuentran de manera general datos pequeños, y en contraposición se puede ver que en la estación dos existe una mayor humedad, esto se puede ver ya que la caja de la segunda estación está por encima de la media global, respecto a la dispersión no es muy notoria la diferencia ya que los datos atípicos dejan en evidencia que el rango de la humedad relativa frente a cada una de las estaciones es aproximadamente el mismo.

Mapas de ruido.

Se obtuvieron dos mapas generados en ArcGis 10.2. El primero es el mapa de ruido que se realizó para identificar la distribución espacial de la concentración de dB (A) generada por las diferentes fuentes emisoras de ruido descritas a lo largo del trabajo, el cual puede encontrarse en el *Apéndice G*. Para el análisis de los datos obtenidos se agruparon en cinco rangos, teniendo en cuenta el valor mínimo y máximo de dB(A) presentados en la Tabla 40.

Tabla 40. Rangos de concentración de ruido

Concentración de ruido	Rango dB(A)	Color
Muy Baja	16 -27,8	
Baja	27,9 -39,7	
Media	39,8 -51,6	
Alta	51,7 -63,5	
Muy Alta	63,6 -75,4	

NOTA: valor mínimo y máximo de dB(A), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

Es vital relacionar el comportamiento del ruido en cada estación con diversos elementos que pueden influir como aporte o dispersión de este contaminante. La Estación 1 y la Estación 3 presentan una concentración de ruido muy baja y baja, debido a que la orientación de estas partes de la vía permite un tráfico vehicular más fluido y no existen barreras orográficas cercanas que impidan la difusión del ruido en el aire.

En el año 2014, dentro de La Fase III de los Diseños de la Doble Calzada Villavicencio – Ciudad Porfía, dentro del documento que contiene el Volumen I Estudio de Transporte, Tránsito y Demanda para la formulación del Plan de Manejo de Tránsito, se realizaron aforos vehiculares durante dos días hábiles, martes y miércoles, y un fin de semana, sábado y domingo, en el acceso a la vía antigua a Bogotá y sobre el Anillo Vial, en las intersecciones de Fundadores, Séptima Brigada, Terminar y Catama.

En todos los casos, el periodo de toma de datos fue el comprendido entre las 05:00 a.m. y las 22:00 horas. La *Figura 22.* muestra la composición vehicular detectada en el punto de aforo de Rochela, teniendo en cuenta que se encontró como el más congestionado, el cual refleja la demanda de vehículos tipo motos con un porcentaje del 38% , seguido de los autos con un porcentaje del 38% y buses con un 16%.

TIPO	VEH	%
AUTOS	17641	38%
BUSES	7259	16%
C2P	1762	4%
C2G	845	2%
C3-C4	904	2%
C5 ->C5	720	2%
MOTOS	17624	38%
TOTAL	46755	100%

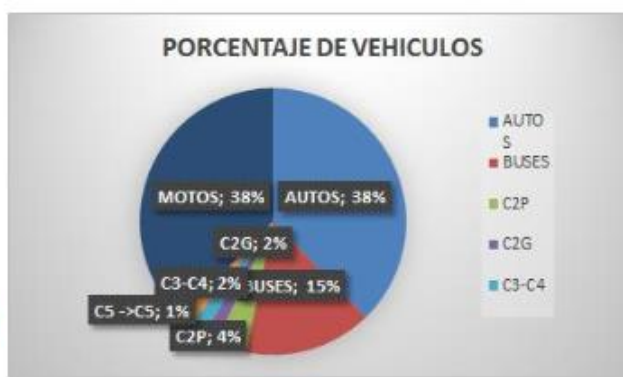


Figura 22. Composición de vehículos mixta diaria, Adaptado de la (Union Temporal Dobles Calzadas & AIM, 2014)

La Estación 2, por el contrario, se encuentra rodeada de algunas unidades geomorfológicas que puede estar impidiendo la dispersión del ruido, adicionalmente la mayoría de los frentes de obra activos se encuentra aledaños a esta estación. Otro factor que puede influir es la dirección que toma en esta zona la carretera, la cual obliga a que los vehículos y todo automotor que circula disminuyan su velocidad y genere mayores niveles de emisión de ruido.

En cuanto al segundo mapa temático generado también con ArcGis 10.2, se puede ver expresado el comportamiento del ruido asociado a la velocidad y dirección del viento partiendo de datos recolectados en campo de estas variables. Para las Estaciones 1 y 2, la velocidad del viento fue baja y media teniendo en cuenta la presencia de las estructuras de las viviendas en cada zona. En la Estación 3 debido al volumen notable de vegetación y zonas arbóreas, la velocidad del viento fue catalogada como alta. La dirección de las corrientes de aire está dirigidas al suroeste del área. Este mapa se encuentra plasmado en el *Apéndice H*.

Fase 2: Análisis de comparación

Los resultados del monitoreo de ruido ambiental se compararon con los valores de referencia tomados de la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). Los valores de referencia se toman del capítulo III, Tabla 2 de la norma en mención, señalados en color verde en la fila correspondiente al Sector B: Tranquilidad y Ruido Moderado. Subsector: Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes; y al Sector C: Ruido Intermedio Restringido. Subsector: Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales, como se puede observar en la *Tabla 41*.

Tabla 41. Sectores para estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental.

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL 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.		
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.	65	50
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	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, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.		
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.	55	45
	Zonas de recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

NOTA: Descripción de las zonas y niveles de ruido permitidos, Adaptado de la (Resolución 0627, 2006), por Sara María Hincapié Ardila, 2018

En este sentido, se presenta a continuación en la Tabla 42. se encuentra la respectiva comparación entre los niveles de ruido encontrados en el presente estudio para evaluar su estado y nivel de cumplimiento con los estándares máximos permisibles establecidos por la Resolución 0627 de 2006.

Tabla 42. Comparación y estado de cumplimiento de la normatividad

Estación	Horario	LAeq dBA	Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Ruido Ambiental en dB(A) Res. 0627 de 2006	Estado de cumplimiento
1	Diurno	73,7	80	CUMPLE
	Nocturno	65,7	70	CUMPLE
2	Diurno	69,1	65	NO CUMPLE
	Nocturno	45,0	50	CUMPLE
3	Diurno	74,0	80	CUMPLE
	Nocturno	63,0	70	CUMPLE

NOTA: Niveles de ruido encontrados en el presente estudio y nivel de cumplimiento con los estándares máximos permisibles, por Sara María Hincapié Ardila, 2018

De acuerdo a esta comparación, se puede concluir que la Estación 1 y 3 cumplen con los estándares máximos permisibles en jornada diurna y nocturna, y no superan los decibeles establecidos para este tipo de zona. Para este balance, se eligió el Sector C. Ruido Intermedio Restringido. Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales, ya que estas dos estaciones estaban ubicadas muy cerca a la vía principal.

Al contrario, la Estación 2 no cumple la norma y sobrepasa los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental para el Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado. Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes, únicamente en la jornada diurna, debido a que se encuentra dentro de un conjunto residencial un poco más alejada de la vía que las demás estaciones, pero con alto afluencia de vehículos estacionados esporádicamente, pitos, retenes de policía, entre otros. Para horario diurno, el ruido ambiental en esta estación se está excediendo en 4,1 dB(A), mientras que en horario nocturno cumple con el límite establecido.

Fase 3: Posibles medidas de manejo de ruido

Considerando los efectos identificados en el presente estudio, se llevó a cabo la elaboración de las medidas de manejo del ruido, para que así mismo, hagan un aporte a lo que este factor hace al medio, y que genera un aumento en la contaminación auditiva en el tramo a estudio; en las medidas a realizar se establecen las siguientes:

- ✓ Es viable implementar un Programa a corto plazo para el control de ruido (PCR), el cual, para su éxito debe contar como mínimo, con los siguientes componentes:

1. Identificación específica en campo de las fuentes fijas y móviles que pueden hacer parte del inventario de fuentes emisoras en el tramo y que están produciendo efectos.

2. Realizar control y seguimiento de las emisiones de ruido específico a través de la implementación fichas técnicas para cada uno de los equipos, herramientas y maquinaria identificadas en el inventario de fuentes fijas y móviles descrita en el anterior numeral, donde se lleve registro sobre el mantenimiento de las mismas para controlar las alteraciones en las emisiones normales de ruido.

3. Sensibilización de las fuentes y actores que están involucrados con los volúmenes de emisión de ruido dirigida inicialmente al equipo técnico y de mano de obra no calificada de la Unión Temporal Dobles Calzadas Porfía. De igual forma, es adecuada la formación técnica del personal para que sea capaz de enfrentar los retos de contrarrestar la contaminación auditiva, además de ser consiente de los daños que este tipo de ruido ocasiona a los habitantes, a los demás individuos y al ambiente.

Para esta actividad, se podrían programar actividades educativas con el personal de la empresa para informarles sobre el estado actual de los niveles de ruido en la zona y el nivel de cumplimiento reglamentario de acuerdo al Sector. Además, sería pertinente en este espacio, mostrar algunas de las consecuencias por afectación de ruido en la salud de las personas y en la dinámica de las especies en el ambiente. Finalmente, puede incentivarse al personal a tener en cuenta medidas personales mínimas para disminuir sus emisiones de ruido y proponer medidas grupales de aislamiento del ruido para las actividades de trabajo en obra que puedan mitigar los niveles de ruido generados en horario laboral.

4. Sensibilización de las fuentes y actores que están involucrados con los volúmenes de emisión de ruido dirigida a la población de los barrios que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto, teniendo en cuenta que dentro de la misma se presentan usos del suelo residencial, comercial, industrial, escolar, entre otros. Esta actividad deberá estar coordinada con los presidentes de Junta de Acción Comunal y líderes sociales, con el fin de hacer la invitación extensiva a la mayor cantidad de habitantes posibles. La herramienta más apta para desarrollar esta actividad serían talleres de sensibilización.

- ❖ Se sugiere realizar un plan o cronograma de las horas límites para la utilización de la maquinaria pesada que se encuentra realizando actividades en la obra, con el fin de restringir una cantidad horaria permitida e impactar positivamente con el objetivo de

disminuir los niveles de ruido. Se aconseja organizar este programa de horas límites de operación de la maquinaria teniendo en cuenta condiciones específicas que pueden considerarse, como que “toda actividad que produzca niveles elevados de ruido, deberá realizarse preferiblemente en la mañana para no afectar la tranquilidad de la zona que de por sí en horas pico de tráfico vehicular son altos agudizándose las molestias en la zona en donde se ejecutan actividades constructivas”. (Gobierno Nacional de la República de Ecuador, 2014)

Conclusiones

Es indispensable aludir que a pesar tener en cuenta en primera instancia los motores diésel característicos de la maquinaria pesada que son utilizados en los frentes de obra, como principal fuente de emisiones de ruido, se lograron identificar otros componentes ajenos a las actividades de obra que aportan igual o mayormente al ruido ambiental. El proyecto está ubicado en una vía nacional, la cual se identifica con un flujo de tráfico alto y de importante volumen, por esta razón son altos los niveles de accidentalidad que se presentan, y así mismo la percepción de sirenas de ambulancias diariamente. Los aspectos presentados anteriormente, dan una idea de la relación que existe entre los las fuentes de ruido y los componentes impulsivos identificados en las observaciones de campo.

Respondiendo a los resultados encontrados luego del establecimiento de las mediciones de ruido ambiental en los puntos específicos del tramo de estudio, se puede llegar al razonamiento que señala que los niveles de presión sonora generados por el flujo vehicular, son uno de los factores que inciden mayormente en el aumento de los mismos, observando así que los puntos más críticos de las diferentes zonas del municipio tienen influencia de este tipo de fuentes móviles generadores de ruido. La Estación que presentó valores fuera de los normales dispuesto para la zona, fue la Estación 2 únicamente en horario diurno.

De acuerdo a los resultados de las mediciones realizadas en el presente estudio, en la Estación 1 y 3 los niveles de ruido ambiental cumplen con la norma y no se sobrepasan los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental de acuerdo al Sector C. Ruido Intermedio Restringido. En la Estación 2, se presenta un nivel excedente de nivel de ruido ambiental para horario diurno de 4,1 dB(A) de más y en horario nocturno en esta Estación cumple las exigencias de la norma. Es vital relacionar el comportamiento del ruido en cada estación con diversos elementos que pueden influir como aporte o dispersión de este contaminante. En el caso de la Estación 1 y la Estación 3 presentan una concentración de ruido muy baja y baja, debido a que la orientación de estas partes de la vía permite un tráfico vehicular más fluido y no existen barreras orográficas cercanas que impidan la difusión del ruido en el aire.

Los niveles de ruido ambiental identificados y que están sobrepasando los límites en la Estación 2, pueden estar relacionados principalmente porque la ubicación de la misma se encontraba dentro

de la portería del Conjunto Residencial Rincón de las Lomas, lo cual se identifica dentro del Sector B. Tranquilidad y ruido moderado, en el subsector Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. Para este sector la Resolución 0627 de 2006 presenta un estándar máximo permisible de ruido ambiental de 65 dBA para horario diurno y de 50 dBA para horario nocturno. En esta zona, se identificó afluencia de carros por entrada y salida al conjunto, intersección de entrada a una vereda aledaña y a establecimientos públicos y de prestación de servicios de alquiler de canchas sintéticas de fútbol.

La Estación 2, se encuentra rodeada de algunas unidades geomorfológicas que puede estar impidiendo la dispersión del ruido, adicionalmente la mayoría de los frentes de obra activos se encuentra aledaños a esta estación. Otro factor que puede influir, es la dirección que toma en esta zona la carretera, la cual obliga a que los vehículos y todo automotor que circula disminuyan su velocidad y genere mayores niveles de emisión de ruido.

Las medidas de manejo del ruido planteadas fueron enfocadas a minimizar las emisiones del ruido específico que generan los equipos y maquinaria necesarios en proyectos de infraestructura vial.

Discusión y recomendaciones

De acuerdo a los resultado obtenido en este estudio, se sugiere al Instituto de Transporte del Meta, aumentar las acciones de control de la documentación vigente de los automotores y el cambio de resonadores por silenciadores para reducir lo más mínimo posible la generación de altos niveles de presión sonora que aportan estas fuentes (Cruz & Gómez, 2009)

Podría plantearse al gobierno municipal, el Diseño y elaboración de señalización para fomentar la educación ciudadana, esta debe ser con el fin de que permita mejorar la señalización en las zonas de tranquilidad, como lo es en la Estación 2 que colinda con una reserva forestal y esta medida será dirigida enfáticamente a la población estudiantil del colegio Nuestra Señora de la Paz, colegio ubicado dentro del área de influencia directa del proyecto. Esta medida inicialmente debe contar con la capacitación a los ciudadanos mediante interacción directa con el fin de crear cultura con respecto a la importancia de la atención a la señalización que pretende prevenir y controlar la contaminación auditiva en la zona y finalmente esta señalización se debe implementar para evitar el ruido que indique específicamente las zonas de silencio para evitar estos niveles de ruido en las zonas de tranquilidad.

Dentro de los monitoreos de ruido se exhorta incluir las mediciones de fuentes específicas para tener mayor control sobre el aporte de estas fuentes al ruido ambiental en total. En este sentido, se recomienda a la empresa contratista que evalúe la opción de poner en práctica algunas de las posibles medidas de manejo de ruido planteadas en la Fase 3. De este proyecto, con el fin de disminuir y mejorar los niveles de presión sonora en el área de estudio.

Como posible medida de manejo y control de ruido a corto plazo dirigido a la empresa contratista, se plantea la revisión y actualización de la documentación relacionada con la maquinaria y sus mantenimientos, con el fin de llevar un seguimiento al estado de las mismas y evitar emisiones de ruido fuera de los rangos normales. Adicionalmente, se plantean otras medidas de manejo y creación de posibles programas que incluyen la participación de varios actores del proyecto como lo son los habitantes del área de influencia del proyecto, el equipo técnico de la Union Temporal y el personal de obra no calificado.

Referencias bibliográficas

- Acustinet Ambiente SL. (s.f.). *Construcción y ruido producido por obras*. Recuperado el 12 de Julio de 2017, de Acustinet : http://www.acustinet.com/ruido_construccion.htm
- Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo. (2004). La gestión del ruido en el sector de la construcción. *Revista FACTS*, 2. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2004/32/FactS_50.pdf
- Agencia para la Infraestructura del Meta. (2016). *Contrato 106 de 2016*. Villavicencio: Gobernación del Meta.
- Alcaldía de Villavicencio. (2015). *Información del Municipio*. Recuperado el 16 de Junio de 2017, de villavicencio.gov.co: <http://www.villavicencio.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Amable, I., Méndez, J., Delgado, L., Acebedo, F., & Marta, R. (Junio de 2017). Contaminación Ambiental por Ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), p.640-649. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000300024
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (Abril de 2010). Manual de Gestión Socioambiental para obras en construcción. Medellín, Colombia: Secretaría del Medio Ambiente de Medellín, Empresas Públicas de Medellín. Obtenido de http://www.colmayor.edu.co/uploaded_files/images/archivos/normograma/manuales/Manualambientalparaprocesosconstructivos.pdf
- Barron, R. F. (2003). *Industrial noise control and acoustics*. Ruston: Marcel Dekker, Inc.
- Camacho, A. (s.f.). Procesado Tiempo-Frecuencia: Aplicación de la percepción humana del sonido. (Tesis doctoral). *Tesis Doctoral*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/36417/Camacho%20-%20Procesado%20Tiempo-Frecuencia%3A%20Aplicaci%C3%B3n%20a%20la%20percepci%C3%B3n%20humana%20del%20sonido.pdf?sequence=1>
- Cattaneo, M., Vecchio, R., López Sardi, M., Navilli, L., & Scrocchi, F. (2010). Estudio de la contaminación sonora en la ciudad de Buenos Aires. *Articulo*. Palermo, Argentina: Universidad de Palermo, Grupo GIIS. Facultad de Ingeniería. Recuperado el 23 de Junio

- de 2017, de
http://www.palermo.edu/ingenieria/PDFs/GIIS/Trabajo_COINI_Cattaneo1.pdf
- Chaparro, M., & Linares, C. (Febrero de 2017). Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. *Proyecto de Trabajo de Grado de Ingeniera Ambiental*. Bogotá, Colombia: Universidad Libre. Obtenido de <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10370/Proyecto%20Ruido%20U L%2017.02.2017.pdf?sequence=1>
- Conesa, V. (2006). *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi Prensa. Obtenido de http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia_metodologica_impacto_ambiental.pdf
- Constitución Política de Colombia [Const]. (7 de Julio de 1991). Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4125>
- Cruz, S., & Gómez, A. (2009). Diagnóstico y evaluación de los niveles de presión sonora generados en el casco urbano del municipio de Funza (Cundinamarca) mediante la aplicación de la metodología establecida en la resolución 0627 de 2006. *Tesis de grado en Ingeniería Ambiental y Sanitaria*. Bogotá, Colombia: Universidad de la Salle. Obtenido de repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/14022/1/T41.09%20C889d.pdf
- Decreto 1220. (21 de Abril de 2005). *por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales*. Bogotá, Colombia: Diario Oficial No.45890. Obtenido de IDEAM: http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=16316_1220+de+2005.pdf/9127b232-8215-46aa-8793-c0d3ec21b076
- Decreto 2811. (18 de Diciembre de 1974). *Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Bogotá, Colombia: Diario Oficial No 34.243,. Obtenido de <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-2811-de-1974-1.pdf>
- Decreto 948 . (5 de Junio de 1995). *Por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los art. 33, 73, 74, 75 y 75 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los art. 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la*

- contaminaci.* Bogotá, Colombia: Diario Oficial No. 41876. Obtenido de Secretaría Jurídica Distrital: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1479>
- Del Rey, R., Alba, J., & Escuder, E. (Octubre de 2008). Efecto de la inserción de nuevas infraestructuras viales en el ruido de tráfico. *Revista Acustica*, p.1-10. Recuperado el 19 de Julio de 2017, de <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Coimbra08/id093.pdf>
- Echeverri, C. A., & González, A. E. (Enero-Junio de 2011). Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuente fijas. *Revista Ingenierías*, 10(18), p.51-59. Obtenido de <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/download/336/303>
- El Tiempo. (7 de Noviembre de 2017). En el Meta mueren más personas en las vías que por la guerra. *Diario El Tiempo*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/en-el-meta-mueren-mas-personas-en-las-vias-que-por-la-guerra-148876>
- Escobar, A. L. (2012). Sobre la producción, distribución y costo social del ruido; elementos para una sociología del ruido urbano en la ciudad de Medellín. *Monografía de grado en Sociología*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas. Obtenido de http://www.academia.edu/8173278/Sobre_la_producci%C3%B3n_distribuci%C3%B3n_y_costo_social_del_ruido_elementos_para_una_sociolog%C3%ADa_del_ruido_urbano_en_la_ciudad_de_Medell%C3%ADn
- Flores-Dominguez, E. (1998). *Contaminación acústica*. Sevilla: El Cid Editor. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaustasp/detail.action?docID=3183078&query=Contaminaci%C3%B3n+ac%C3%B3stica>
- Getinsa-Payma. (2015). Equipo redactor de la Evaluación Preliminar de Impacto Ambiental de la Estación Intermodal de Mercancías en ZALIA. *Estudio de ruido*. Gijón, España: ftp://ftp.asturias.es/asturias/territorio/intermodal_zalia/MEMORIA.pdf.
- Gobierno Nacional de la República de Ecuador. (2014). Plan de manejo ambiental para la construcción y funcionamiento de los interceptores de la cuenca de la Quebrada Río Grande, para cumplir con el programa de descontaminación de los ríos de Quito. Quito, Ecuador. Obtenido de https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe?Archivo=HPedkjQU43k91z5P0ZDLBOWqsB6N_5g3taPR90SHkLI,

- González, N. A. (2009). Diseño del sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional, bajo los requisitos de la norma NTC-OHSAS 18001 en el proceso de fabricación de cosméticos para la empresa WILCOS S.A. *Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Industrial*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis221.pdf>
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Iberacústica Control de Ruido y Vibraciones. (s.f.). *Qué es un mapa de ruido*. Recuperado el 4 de Julio de 2018, de iberacustica.com: <https://www.iberacustica.com/faq/que-es-un-mapa-de-ruido/>
- Icontec Internacional. (22 de Diciembre de 2005). *NTC 3522*. Obtenido de Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: cantidades básicas y procedimientos de evaluación: <https://es.scribd.com/document/359468384/NTC3522>
- International Organization for Standardization (ISO). (2007). *ISO 1996-2*. Obtenido de Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 2: Determination of environmental noise levels: <https://www.iso.org/standard/41860.html>
- Jaramillo, A., Gonzalez, A., Betancur, C., & Correa, M. (Marzo de 2009). Estudio comparativo entre las mediciones de ruido ambiental urbano a 1,5 m y 4 m de altura sobre el nivel del piso en la ciudad de Medellín, Antioquia - Colombia. *Revista Dyna*, 76(157), p.71-79. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49611942007>
- Ley 99. (22 de Diciembre de 1993). *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA...* Bogotá, Colombia: Diario Oficial No.41146. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
- Mario Noriega y Asociados Ltda. (Marzo de 2008). Estudio de Ruido Ambiental. *Soporte del Plan Parcial para la Sede Complementaria de la Universidad del Rosario*. Bogotá, Colombia: Observatorio Ambiental de Bogotá. Recuperado el 02 de Julio de 2018, de oab2.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/.../ruido_ambiental.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente de Chile. (28 de Abril de 2017). *Programa de recuperacion ambiental y social en coronel: Estudio de Ruido Ambiental*. Recuperado el 1 de Agosto de

- 2017, de socha.cl: <http://www.socha.cl/wp-content/uploads/2017/05/7-PPT-Estudio-Ruido-Coronel-Valdebenito.compressed-1-19.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (02 de Marzo de 2015). *Ruido excesivo en entornos, una de las principales causas de la pérdida auditiva*. Recuperado el 1 de Julio de 2018, de [minsalud.gov.co: https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Ruido-excesivo-en-entornos-una-de-las-principales-causas-para-perdida-auditiva.aspx](https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Ruido-excesivo-en-entornos-una-de-las-principales-causas-para-perdida-auditiva.aspx)
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2011). *Glosario*. Recuperado el 15 de Junio de 2017, de [mintransporte.gov.co: https://www.mintransporte.gov.co/loader.php?lServicio=Glosario&letra=C](https://www.mintransporte.gov.co/loader.php?lServicio=Glosario&letra=C)
- Mosquera, G. J. (2003). Base de Datos de niveles de ruido de equipos que se usan en la construcción, para Estudios de Impacto Ambiental. *Tesis de grado en Ingeniería Acústica*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile . Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfcim912b/doc/bmfcim912b.pdf>
- Mutualidad Argentina de Hipoacusios (MAH). (2018). *¿Qué es la hipoacusia?* Recuperado el 01 de Julio de 2018, de [mah.org.ar: https://mah.org.ar/que-es-la-hipoacusia](https://mah.org.ar/que-es-la-hipoacusia)
- Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (OSMAN). (2010). *Ruido y Salud*. Obtenido de [diba.cat: https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824)
- ODINSA S.A. (2007). *Calidad del Agua y Aire para la línea base ambiental del proyecto "Segunda calzada Villavicencio-Acacias, sector Parque Fundadores (K0+000)- Ciudad Porfía (K5+000)*. Villavicencio: Odinsa, Empresa de Concesiones del Grupo Argos.
- ODINSA S.A. (2008). *Estudio de Ruido Ambiental 2008 Proyecto Segunda Calzada vía Villavicencio - Acacias*. Villavicencio: Odinsa, Empresa de Concesiones del Grupo Argos.
- ONU Mujeres. (2012). *¿Cuál es el monitoreo y la evaluación?* (Entidad de las Naciones Unidas para la Igualdad de Género y el Empoderamiento de las Mujeres) Recuperado el 24 de Junio de 2017, de Ministerio de asuntos Exteriores y de Cooperación de España: <http://www.endvawnow.org/es/articles/330-cual-es-el-monitoreo-y-la-evaluacion.html>
- Publicaciones Semana. (25 de Septiembre de 2010). Una gran cosecha. *Revista Semana*. Obtenido de <https://www.semana.com/especiales/articulo/una-gran-cosecha/122497-3>
- Resolución 0205. (9 de Febrero de 2009). *Por la cual se otorga una licencia ambiental para el proyecto "doble calzada Villavicencio – Acacias k0+000 (parque fundadores) – k5+000*

- (ciudad porfía)” localizado en el departamento del Meta y se toman otras determinaciones. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Obtenido de http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/res_0205_090209.pdf
- Resolución 0627. (7 de Abril de 2006). Bogotá, Colombia: Diario Oficial No.46239. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19982>
- Sánchez, L. (13 de Agosto de 2017). El ruido ambiental y sus impactos en la salud. *Diario del Huila*. Obtenido de <https://www.diariodelhuila.com/el-ruido-ambiental-y-sus-impactos-en-la-salud>
- Susaeta. (2002). *Diccionario Enciclopédico Ilustrado*. Barcelona: Susaeta, .
- Tolosa Cabani, F. (2003). Efectos del ruido sobre la salud. *Traducción del discurso inaugural del Curso Académico 2003 en la Real Academia de Medicina de las Islas Baleares* (pág. 17). Mallorca: Real Academia de Medicina de las Islas Baleares. Obtenido de http://www.juristas-ruidos.org/Documentacion/Efectos_ruido_salud.pdf
- Union Temporal Dobles Calzadas & AIM. (2014). *Plan de Manejo de Tránsito*. Villavicencio: Gobernación del Meta. Obtenido de <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=16-1-160119>
- Universidad de Medellín. (2009). *Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido*”. Obtenido de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial : <http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Normas%20ambientales/2001-2010/2009/Protocolo%20de%20ruido%20ambiental.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia. (Diciembre de 2007). Estudio de los niveles de ruido en las aulas de clase. *Resumen de datos de prácticas de estudiantes*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Oficina de Planeación. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de <http://planeacion.medellin.unal.edu.co/images/documentos/EstudioRuidoAulas.pdf>
- Universidad Politécnia de Valencia. (2012). *Universidad Politécnia de Valencia*. Obtenido de https://www.spri.upv.es/IOP_PM_16.htm
- Vallverdu, A. (Septiembre de 2010). *Pavimentos en infraestructura vial avances y desafíos*. Obtenido de EMB Construcción:

<http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=535&edi=23&xit=pavimentos-en-infraestructura-vial-avances-y-desafios>

Vélez, L. M., & Espinosa, G. J. (2008). Afectación de la contaminación por ruido en el desarrollo. *VII Seminario Nacional de Investigación Urbano Regional* (pág. 11). Medellín: Universidad Nacional de Colombia,. Obtenido de <http://www.institutodeestudiosurbanos.info/eventos/seminarios-de-investigacion-urbano-regional-aciur/memorias-vii-seminario-aciur-2008/mesa-11/218-afectacion-de-la-contaminacion-por-ruido-en-el-desarrollo-urbano/file>

Apéndices.

Apéndice A. Mapa de ubicación geográfica de las estaciones de medición





R0075EM

ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-027

Certificado de Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Certificado No.: SN-BLL100010-OSC4503
Certificate number

Cliente: CORPORACION INTEGRAL DEL MEDIO AMBIENTE CIMA
Customer

Dirección: Carrera 35 A # 1 C - 29, Bogotá D.C.
Address

Instrumento: SONOMETRO
Instrument

Fabricante: 3M
Manufacturer

Modelo: SOUND PRO DL1 1/1 - 1/3
Model

Número de serie: BLL100010
Serial number

Registro único entrada: RC4503
RUE

Fecha de recepción: 2017-05-25
Date of receipt

Condición de ingreso: Sin anomalías visuales.
Entry condition

Fecha de calibración: 2017-05-31
Calibration date

Número de páginas del certificado incluyendo anexos: 3
Number of pages of this certificate and documents attached

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with prior written permission of the issuing laboratory.

El usuario es responsable de la calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
The User is responsible for having his instruments calibrated at appropriated intervals.

Aprobó:
Approved by



ALVARO ANDRES HERNÁNDEZ MARTÍNEZ
Director Técnico Laboratorio de calibración

Calibró: FAV

Fecha de emisión:
Issue Date

2017-05-31

Sello
Seal

CA FT-019 V4 / 2017-05-19

Página 1 de 3

Carrera 67 No. 167-61 Oficina 209 • Centro Empresarial Colina Office Park
Bogotá Colombia • Teléfonos: 674 1061 - 674 1065
info@labservicelt.com • www.labservicelt.com



ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-027

Certificado No. SN-BLL100010-OSC4503

Método utilizado:

El ítem descrito anteriormente fue calibrado por el método de comparación directa, de acuerdo a la norma CEI/IEC 61672-3 Edición 2.0 2013-09, realizando las pruebas de: Indicación del nivel de presión sonora y frecuencia, Prueba acústica de ponderación en frecuencia, Prueba eléctrica de ponderación en frecuencia y Ponderación frecuencial y temporal a 1 kHz, también descritas en el procedimiento interno CA-PR-003.

Condiciones Ambientales:

Temperatura: 22,5 °C
Δ Temperatura: 0,1 °C

Humedad Relativa: 60,7 % HR
Δ Humedad Relativa: 3,7 % HR

Presión atmosférica: 752,1 mbar
Δ Presión atmosférica: 0,0 mbar

Resultados de la calibración:

1. Indicación del nivel de presión sonora y frecuencia

Frecuencia (Hz)	Valor esperado (dB)	Lectura Inicial (dB)	Lectura Final (dB)	Incertidumbre (dB)
1 000	114,0	113,3	114,0	0,26

2. Prueba acústica de ponderación en frecuencia

Ponderación frecuencial: C
Nivel de referencia: 114 dB

Frecuencia (Hz)	Valor esperado (dB)	Promedio de las Lecturas (dB)	Error (dB)	Incertidumbre (dB)
125	113,6	113,8	0,0	0,26
1 000	114,0	114,0	0,0	0,26
4 000	113,2	113,6	0,4	0,26

3. Prueba eléctrica de ponderación en frecuencia

Nivel de referencia: 114 dB

Frecuencia (Hz)	Ponderación A				Ponderación C				Ponderación Z			
	Valor esperado (dB)	Promedio de las Lecturas (dB)	Error (dB)	Incertidumbre (dB)	Valor esperado (dB)	Promedio de las Lecturas (dB)	Error (dB)	Incertidumbre (dB)	Valor esperado (dB)	Promedio de las Lecturas (dB)	Error (dB)	Incertidumbre (dB)
63	87,8	87,9	0,1	0,21	113,2	113,3	0,1	0,21	114,0	114,0	0,0	0,21
125	97,9	97,8	-0,1	0,21	113,8	113,9	0,1	0,21	114,0	114,1	0,1	0,21
250	105,4	105,3	-0,1	0,21	114,0	114,0	0,0	0,21	114,0	114,0	0,0	0,21
500	110,3	110,7	0,4	0,21	114,0	114,1	0,1	0,21	114,0	114,0	0,0	0,21
1 000	114,0	114,0	0,0	0,21	114,0	114,0	0,0	0,21	114,0	114,0	0,0	0,21
2 000	115,2	115,1	-0,1	0,21	113,8	113,9	0,1	0,21	114,0	114,0	0,0	0,21
4 000	115,0	114,9	-0,1	0,21	113,2	113,2	0,0	0,21	114,0	114,0	0,0	0,21
8 000	112,9	112,9	0,0	0,21	111,0	111,0	0,0	0,21	114,0	114,0	0,0	0,21

CA-FT-019 V4 / 2017-05-19

Página 2 de 3

Carrera 67 No. 167-61 Oficina 209 • Centro Empresarial Colina Office Park
Bogotá Colombia • Teléfonos: 674 1061 - 674 1065
info@labservicelta.com • www.labservicelta.com



Certificado No. SN-BLL100010-OSC4503

4. Ponderación frecuencial y temporal a 1 kHz

Ponderación temporal Fast

Nivel de referencia: 114 dB

Ponderación Frecuencial (Hz)	Valor esperado (dB)	Promedio de las lecturas (dB)	Error (dB)	Incertidumbre (dB)
A	114,0	114,0	0,0	0,21
C	114,0	114,0	0,0	0,21
Z	114,0	114,0	0,0	0,21

Ponderación temporal Slow

Nivel de referencia: 114 dB

Ponderación Frecuencia (Hz)	Valor esperado (dB)	Promedio de las Lecturas (dB)	Error (dB)	Incertidumbre (dB)
A	114,0	114,0	0,0	0,21

Incertidumbre:

Los valores de incertidumbre expandida reportados se estimaron con un nivel de confianza de 95,45% con un factor de cobertura igual a 2 siguiendo las recomendaciones de la Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición (GUM), incluidos sus documentos complementarios.

Trazabilidad:

El Laboratorio LAB&SERVICE ELECTRÓNICA ESPECIALIZADA Ltda., asegura el mantenimiento de la trazabilidad al amper (A), metro (m), kilogramo (kg) y segundo (s), unidad base del SI, mediante los patrones utilizados en estas mediciones.

Patrón utilizado	Identificación	Certificado No.	Calibrado por:
CALBRADOR ACUSTICO	AC-009	CAS-158704-Z1X0S2-901	Brüel & Kjær
GENERADOR DE FUNCIONES	AC-001	EEFG001-4186688	AVIANCA

Observaciones:

Los valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la calibración, no considerándose la estabilidad a largo plazo del instrumento, y únicamente son válidos para el instrumento cuyos datos aparecen en la primera página. El Laboratorio LAB&SERVICE Electrónica Especializada Ltda., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

Este instrumento cuenta con micrófono serie 48957 Tipo 2 y preamplificador serie 07161671.

Ninguna observación Adicional.

FIN DEL CERTIFICADO



RU075EM

ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-027

Certificado de Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Certificado No.: CA-AC300004210-OSC4504
Certificate number

Cliente: CORPORACION INTEGRAL DEL MEDIO AMBIENTE CIMA
Customer

Dirección: Carrera 35 A # 1 C - 29, Bogotá D.C.
Address

Instrumento: CALIBRADOR ACUSTICO
Instrument

Fabricante: 3M
Manufacturer

Modelo: AC-300
Model

Número de serie: AC300004210
Serial number

Registro único entrada: RC4504
RUE

Fecha de recepción: 2017-05-25
Date of receipt

Condición de ingreso: Sin anomalías visuales.
Entry condition

Fecha de calibración: 2017-05-31
Calibration date

Número de páginas del certificado incluyendo anexos: 3
Number of pages of this certificate and documents attached

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with prior written permission of the issuing laboratory.

El usuario es responsable de la calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
The user is responsible for having his instruments calibrated at appropriated intervals.

Aprobó:
Approved by



ALVARO ANDRÉS HERNÁNDEZ MARTÍNEZ
Director Técnico Laboratorio de calibración

Calibró: FAM

Fecha de emisión:
Issue Date

2017-05-31

Sello
Seal

CA-FT 019 V4 / 2017-05-19

Página 1 de 3

Carrera 67 No. 167-61 Oficina 209 • Centro Empresarial Colina Office Park
Bogotá Colombia • Teléfonos: 674 1061 - 674 1065
info@labserviceltda.com • www.labserviceltda.com



ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-027

Certificado No. CA-AC30C004210-OSC4504

Método utilizado:

El instrumento descrito anteriormente fue calibrado por el método de comparación directa, de acuerdo a las normas CEI IEC 60942-2003, realizando las pruebas de Nivel de presión acústica y Linealidad en frecuencia, también descritas en el procedimiento interno CA-PR 008.

Condiciones Ambientales:

Temperatura: 21.8 °C
Δ Temperatura: 0,5 °C

Humedad Relativa: 44,7 % HR
Δ Humedad Relativa: 1,7 % HR

Presión atmosférica: 752,1 mbar
Δ Presión atmosférica: 0,0 mbar

Resultados de la calibración:

1. Prueba de nivel de presión acústica

Presión acústica (dB)	Nivel de frecuencia: 1 000 Hz	
	Error (dB)	Incertidumbre U _{expandida} (dB)
114	-0,2	0,24

Presión acústica (dB)	Nivel de frecuencia: 250 Hz	
	Error (dB)	Incertidumbre U _{expandida} (dB)
114	-0,2	0,24

2. Prueba de linealidad de frecuencia

Frecuencia generada en el calibrador (Hz)	Nivel de presión acústica referencia: 114 dB		
	Error (Hz)	Error porcentual (% Hz)	Incertidumbre U _{expandida} (Hz)
250	1,2	0,48	0,0044
1 000	0,0	0,00	0,0044

Incertidumbre:

Los valores de incertidumbre expandida reportados se estimaron con un nivel de confianza de 95,45% con un factor de cobertura igual a 2 siguiendo las recomendaciones de la Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición (GUM), incluidos sus documentos complementarios.



Certificado No. AF-BLL100010-OSC4503

Frecuencia de entrada (Hz)	Atenuación (dB)	Error permitido (dB)		Incertidumbre (dB)
		Mínimo	Máximo	
1 009,5	78,1	70,0	∞	0,26
2 014,3	76,9	61,0	∞	0,26
4 019,0	72,0	42,0	∞	0,26
8 019,0	44,4	17,5	∞	0,26
11 327,1	2,7	0,3	5,0	0,26
12 340,7	0,4	-0,3	1,3	0,26
13 462,3	0,0	-0,3	0,6	0,26
14 676,4	0,0	-0,3	0,4	0,26
16 000,0	0,0	-0,3	0,3	0,26
17 443,0	0,1	-0,3	0,4	0,26
19 016,0	0,1	-0,3	0,6	0,26
20 731,0	0,1	-0,3	1,3	0,26
22 600,6	4,7	-0,3	5,0	0,26
31 924,2	68,5	17,5	∞	0,26
63 697,1	80,1	42,0	∞	0,26
127 092,5	80,2	51,0	∞	0,26
253 582,9	80,1	70,0	∞	0,26

2. Prueba de atenuación relativa para filtros de tercios de octavas.

Frecuencia de entrada (Hz)	Atenuación (dB)	Error permitido (dB)		Incertidumbre (dB)
		Mínimo	Máximo	
5,8	77,1	70,0	∞	0,26
10,3	72,5	61,0	∞	0,26
16,7	60,3	42,0	∞	0,26
24,3	83,0	17,5	∞	0,26
28,1	3,8	-0,3	5,0	0,26
29,0	1,1	-0,3	1,3	0,26
29,8	0,1	-0,3	0,6	0,26
30,7	0,0	-0,3	0,4	0,26
31,5	0,0	-0,3	0,3	0,26
32,3	-0,1	-0,3	0,4	0,26
33,3	0,1	-0,3	0,6	0,26
34,3	0,5	-0,3	1,3	0,26
35,3	3,2	-0,3	5,0	0,26
40,8	82,9	17,5	∞	0,26
59,3	68,4	42,0	∞	0,26
96,2	92,1	61,0	∞	0,26
160,8	99,1	70,0	∞	0,26

Frecuencia de entrada (Hz)	Atenuación (dB)	Error permitido (dB)		Incertidumbre (dB)
		Mínimo	Máximo	
165,5	76,7	70,0	∞	0,26
327,5	72,4	61,0	∞	0,26
531,4	68,5	42,0	∞	0,26
772,6	77,2	17,5	∞	0,26
891,3	3,3	0,3	5,0	0,26
919,6	0,7	0,3	1,3	0,26
947,2	0,0	-0,3	0,6	0,26
974,0	-0,1	-0,3	0,4	0,26
1 000,0	0,0	-0,3	0,3	0,26
1 026,7	0,0	-0,3	0,4	0,26
1 055,8	-0,1	-0,3	0,6	0,26
1 087,5	0,8	-0,3	1,3	0,26
1 122,0	3,9	-0,3	5,0	0,26
1 294,4	80,0	17,5	∞	0,26
1 881,7	66,8	42,0	∞	0,26
3 053,7	97,5	61,0	∞	0,26
5 391,9	99,0	70,0	∞	0,26

CA FT 019 V4 / 2017-05-19

3 de 4

Carrera 67 No. 167-61 Oficina 209 • Centro Empresarial Colina Office Park
Bogotá Colombia • Teléfonos: 674 1061 - 674 1065
info@labservicelta.com • www.labservicelta.com



RU075EM

ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-027

Certificado de Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Certificado No.: AF-BLL100010-OSC4503
Certificate number

Cliente: CORPORACIÓN INTEGRAL DEL MEDIO AMBIENTE CIMA
Customer

Dirección: Carrera 35 A # 1 C - 29, Bogotá D.C.
Address

Instrumento: ANALIZADOR DE FRECUENCIA INTEGRADO
Instrument

Fabricante: 3M
Manufacturer

Modelo: SOUND PRO DL1 1/1 - 1/3
Model

Número de serie: BLL100010
Serial number

Registro único entrada: RC4503
RUE

Fecha de recepción: 2017-05-25
Date of receipt

Condición de ingreso: Sin anomalías visuales.
Entry condition

Fecha de calibración: 2017-05-31
Calibration date

Número de páginas del certificado incluyendo anexos: 4
Number of pages of this certificate and documents attached

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

This certificate is an accurate record of the performed measurements results. This certificate must not be partially reproduced, except with prior written permission of the issuing laboratory.

El usuario es responsable de la calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
The user is responsible for having his instruments calibrated at appropriated intervals.

Aprobó:
Approved by



ALVARO ANDRÉS HERNÁNDEZ MARTÍNEZ
Director Técnico Laboratorio de calibración

Fecha de emisión:
Issue Date

2017-05-31

Sello
Seal

Calibró: FAM

CA-FT-019 V4 / 2017-05-19

1 de 4

Carrera 67 No. 167-61 Oficina 209 • Centro Empresarial Colina Office Park
Bogotá Colombia • Teléfonos: 674 1061 - 674 1065
info@labservicelt.com • www.labservicelt.com



ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-027

Certificado No. AF-511.100010-CSC4503

Método utilizado:

El instrumento descrito anteriormente fue calibrado por el método de comparación directa, de acuerdo a la norma CEI IEC 61260:1995 realizando las pruebas de Atenuación relativa; descritas en el procedimiento interno CA-PR-007.

Condiciones Ambientales:

Temperatura: 21,8 °C
Δ Temperatura: 0,4 °C

Humedad Relativa: 45,5 % HR
Δ Humedad Relativa: 0,7 % HR

Presión atmosférica: 752,1 mbar
Δ Presión atmosférica: 0,0 mbar

Resultados de la calibración:

1. Prueba de atenuación relativa para filtros de octavas.

Frecuencia de entrada (Hz)	Nivel de referencia: 119 dB a 31,5 Hz	Error permitido (dB)		Incertidumbre (dB)
		Mínimo	Máximo	
2,0	91,1	-0,0	∞	0,26
4,0	83,2	61,0	∞	0,26
7,9	71,8	42,0	∞	0,26
15,8	46,7	17,5	∞	0,26
22,3	3,5	-0,3	5,0	0,26
24,3	0,7	-0,3	1,3	0,26
26,5	-0,1	-0,3	0,6	0,26
28,9	0,1	-0,3	0,4	0,26
31,5	0,0	-0,3	0,3	0,26
34,3	0,0	-0,3	0,4	0,26
37,4	0,0	-0,3	0,6	0,26
40,8	0,5	-0,3	1,3	0,26
44,5	3,1	-0,3	5,0	0,26
62,9	68,2	17,5	∞	0,26
125,4	96,7	42,0	∞	0,26
250,2	96,5	61,0	∞	0,26
499,2	100,8	70,0	∞	0,26

Frecuencia de entrada (Hz)	Nivel de referencia: 119 dB a 1000 Hz	Error permitido (dB)		Incertidumbre (dB)
		Mínimo	Máximo	
63,1	86,3	70,0	∞	0,26
125,9	82,5	61,0	∞	0,26
251,2	72,0	42,0	∞	0,26
501,2	44,9	17,5	∞	0,26
707,9	3,3	-0,3	5,0	0,26
771,8	0,5	-0,3	1,3	0,26
841,4	0,0	-0,3	0,6	0,26
917,3	0,0	-0,3	0,4	0,26
1 000,0	0,0	-0,3	0,3	0,26
1 050,2	0,0	-0,3	0,4	0,26
1 166,5	0,0	-0,3	0,6	0,26
1 295,7	0,7	-0,3	1,3	0,26
1 412,5	3,0	-0,3	5,0	0,26
1 995,3	66,7	17,5	∞	0,26
3 981,1	94,0	42,0	∞	0,26
7 943,3	93,7	61,0	∞	0,26
15 848,9	94,8	70,0	∞	0,26

CA-FT-019 V4 / 2017-05-19

2 de 4

Carrera 67 No. 167-61 Oficina 209 • Centro Empresarial Colina Office Park
Bogotá Colombia • Teléfonos: 674 1061 - 674 1065
info@labserviceltda.com • www.labserviceltda.com



ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-027

Certificado No. AF-BLL100010-QSC4503

Frecuencia de entrada (Hz)	Atenuación (dB)	Error permitido (dB)		Incertidumbre (dB)
		Mínimo	Máximo	
1 009,5	78,1	70,0	∞	0,26
2 014,3	76,9	61,0	∞	0,26
4 019,0	72,0	42,0	∞	0,26
8 019,0	44,4	17,5	∞	0,26
11 327,1	2,7	-0,3	5,0	0,26
12 349,7	0,4	-0,3	1,3	0,26
13 462,3	0,0	-0,3	0,6	0,26
14 676,4	0,0	-0,3	0,4	0,26
16 000,0	0,0	-0,3	0,3	0,26
17 443,0	0,1	-0,3	0,4	0,26
19 016,0	0,1	-0,3	0,6	0,26
20 731,0	0,1	-0,3	1,3	0,26
22 600,6	4,7	-0,3	5,0	0,26
31 924,2	68,5	17,5	∞	0,26
63 897,1	80,1	42,0	∞	0,26
127 092,5	80,2	61,0	∞	0,26
253 582,9	80,1	70,0	∞	0,26

2. Prueba de atenuación relativa para filtros de tercios de octavas.

Frecuencia de entrada (Hz)	Atenuación (dB)	Error permitido (dB)		Incertidumbre (dB)
		Mínimo	Máximo	
5,6	77,1	70,0	∞	0,26
10,3	72,5	61,0	∞	0,26
16,7	60,3	42,0	∞	0,26
24,3	93,0	17,5	∞	0,26
28,1	3,9	-0,3	5,0	0,26
29,0	1,1	-0,3	1,3	0,26
29,8	0,1	-0,3	0,6	0,26
30,7	0,0	-0,3	0,4	0,26
31,6	0,0	-0,3	0,3	0,26
32,3	-0,1	-0,3	0,4	0,26
33,3	-0,1	-0,3	0,6	0,26
34,3	0,5	-0,3	1,3	0,26
35,3	3,2	-0,3	5,0	0,26
40,8	82,9	17,5	∞	0,26
59,3	68,4	42,0	∞	0,26
96,7	82,1	61,0	∞	0,26
169,8	99,1	70,0	∞	0,26

Frecuencia de entrada (Hz)	Atenuación (dB)	Error permitido (dB)		Incertidumbre (dB)
		Mínimo	Máximo	
185,5	76,7	70,0	∞	0,26
327,5	72,4	61,0	∞	0,26
531,4	68,5	42,0	∞	0,26
772,6	77,2	17,5	∞	0,26
891,3	3,3	0,3	5,0	0,26
913,6	0,7	0,3	1,3	0,26
947,2	0,0	-0,3	0,6	0,26
974,0	-0,1	-0,3	0,4	0,26
1 000,0	0,0	-0,3	0,3	0,26
1 026,7	0,0	-0,3	0,4	0,26
1 055,8	-0,1	0,3	0,6	0,26
1 087,5	0,6	0,3	1,3	0,26
1 122,0	3,9	-0,3	5,0	0,26
1 294,4	80,0	17,5	∞	0,26
1 881,7	68,8	42,0	∞	0,26
3 053,7	97,5	61,0	∞	0,26
5 391,9	99,0	70,0	∞	0,26

CA-FT-019 V4 / 2017-05-19

3 de 4

Carrera 67 No. 167-61 Oficina 209 • Centro Empresarial Colina Office Park
Bogotá Colombia • Teléfonos: 674 1061 - 674 1065
info@labserviceltda.com • www.labserviceltda.com



ISO/IEC 17025:2005
11-LAC-027

Certificado No. AF-BLL100010-DSC4503

Frecuencia de entrada (Hz)	Atenuación (dB)	Error permitido (dB)		Incertidumbre (dB)
		Mínimo	Máximo	
3 709,2	77,1	70,0	∞	0,26
6 549,5	72,4	61,0	∞	0,26
10 626,5	74,3	42,0	∞	0,26
15 451,5	76,7	17,5	∞	0,26
17 825,0	3,2	-0,3	5,0	0,26
18 391,5	0,6	-0,3	1,3	0,26
18 943,8	-0,1	-0,3	0,6	0,26
19 480,4	0,0	-0,3	0,4	0,26
20 000,0	0,0	-0,3	0,3	0,26
20 533,5	3,0	0,3	0,4	0,26
21 115,1	0,0	-0,3	0,6	0,26
21 749,1	0,9	-0,3	1,3	0,26
22 440,4	4,2	-0,3	5,0	0,26
25 887,5	84,4	17,5	∞	0,26
37 634,6	69,0	42,0	∞	0,26
61 073,0	85,0	61,0	∞	0,26
107 839,0	85,5	70,0	∞	0,26

Incertidumbre:

Los valores de incertidumbre expandida reportados se estimaron con un nivel de confianza de 95,45% con un factor de cobertura igual a 2 siguiendo las recomendaciones de la Guía para la expresión de la incertidumbre de la medición (GUM), incluidos sus documentos complementarios.

Trazabilidad:

El Laboratorio LAB&SERVICE ELECTRÓNICA ESPECIALIZADA Ltda., asegura el mantenimiento de la trazabilidad al amper (A), metro (m), kilogramo (kg) y segundo (s), unidad base del SI mediante los patrones utilizados en estas mediciones.

Patrón utilizado	Identificación	Certificado No.	Calibrado por:
GENERADOR DE FUNCIONES	AC 001	EEFG001-4186688	AVIANCA

Observaciones:

Los valores e incertidumbres asignadas corresponden al momento de la calibración, no considerándose la estabilidad a largo plazo del instrumento, y únicamente son válidos para el instrumento cuyos datos aparecen en la primera página. El Laboratorio LAB&SERVICE Electrónica Especializada Ltda., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

Ninguna observación Adicional.

FIN DEL CERTIFICADO

CA-FT-019 V4 / 2017-05-19

4 de 4

Carrera 67 No. 167-61 Oficina 209 • Centro Empresarial Colina Office Park
Bogotá Colombia • Teléfonos: 674 1061 - 674 1065
info@labserviceltda.com • www.labserviceltda.com

Apéndice C. Ficha 03. Estudio de Impacto Ambiental Doble Calzada V/cio-Acacias

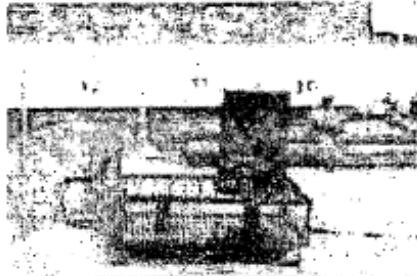
FICHA 03. PROGRAMA DE MANEJO DEL RECURSO AIRE	
1. Manejo de Fuentes de Emisiones y Ruido.	
DESCRIPCIÓN	La propuesta general del proyecto consiste en la adopción de medidas tendientes a garantizar los niveles permitidos de emisión en las actividades del proyecto, tales como movimientos de tierra, conformación de sitio de depósito de materiales (escombreras), así como el monitoreo de los vehículos involucrados en él y del material particulado que pueda generarse en épocas de verano, previa a la instalación de la capa de rodadura. El proyecto de control de la contaminación está orientado hacia la atenuación de los efectos generados sobre la población del área de influencia, discriminada así: Profesionales, operarios, obreros, habitantes de los barrios de la comuna 8 que se encuentran en el área de influencia directa del proyecto y el componente biótico (la vegetación y la fauna) cercanas al corredor vial.
OBJETIVOS	▪ Cuantificar y controlar las fuentes móviles a utilizar en el proyecto.
METAS	▪ Definir los sistemas de tratamiento y manejo que permitan minimizar la emisión de partículas y gases a la atmósfera. ▪ Controlar el ruido generado por el proyecto.
IMPACTOS A MANEJAR	▪ Contaminación del aire en construcción por material particulado y ruido. ▪ Generación de enfermedades respiratorias en los habitantes ubicados en el área de influencia directa.
TIPO DE MEDIDAS A IMPLEMENTAR	▪ Adecuado manejo de movimientos de tierra. ▪ Certificación ambiental para la maquinaria y equipo. ▪ Barrido y riego de la vía para evitar el material particulado.
ACTIVIDADES A DESARROLLAR	▪ Se tendrá un inventario de la maquinaria necesaria para la construcción, en cada frente de obra. ▪ Se exigirán certificados de movilización de los vehículos, donde conste que han pasado la prueba de emisión de gases. Igualmente se exigirá, la afinación, reparación o ajuste de aquellos equipos fijos o móviles con problemas de combustión. ▪ Registro de mantenimiento de la maquinaria y equipo.

- Control de emisión atmosférica de material particulado en sitios de movimiento de tierras y de manejo de materiales a través del establecimiento de un sistema de riego para humectar las superficies y controlar las emisiones.
- No se quemarán recipientes, ni contenedores de material artificial o sintético como caucho, plásticos, poliuretano, cartón entre otros. No se quemarán aceites, combustibles o cualquier tipo de derivado de estos. Se dispondrá de recipientes adecuados para almacenar residuos de estas características.
- Las volquetas deberán cubrir la carga para evitar la dispersión de material particulado.
- Mantener las vías de acceso limpias de materiales provenientes de la obra mediante barrido y realizar aspersión con agua de la vía industrial para evitar material particulado.
- Siempre que se requiera calentar la liga asfáltica, se emplearán fogones móviles, de tal forma que se evite la generación de escombros, regueros, piedras y cenizas. Los fogones tendrán ruedas y doble fondo para evitar derrames, esto es, con una parrilla portátil. En ningún caso se podrá usar leña para calentar la liga asfáltica.
- Los frentes de obra que se encuentre en zonas habitadas deberán ser protegidos con polisombra para el control del material particulado.
- Cuando se requiera utilizar equipos muy sonoros, a más de 80 decibeles se debe trabajar solo en jornada diurna y por periodos cortos de tiempo.
- Se tendrán en cuenta las medidas propuestas en la Ficha 1 numeral 6

LUGAR DE APLICACION

Definido como el área de influencia directa de las obras en los barrios Playa Rica, Montecarlo bajo y alto, vereda Montecarlo, Saman de la Rivera y Rincón de las Lomas.

FIGURAS Y/O DETALLES



PERSONAL REQUERIDO

Personal de obra y laboratorio acreditado

INDICADORES DE SEGUIMIENTO

Monitoreos de calidad del aire para verificar la eficacia de las medidas preventivas, se llevarán a cabo monitoreos de calidad del aire – TPS en los frentes de obra activos cada 3 meses, para verificar que las emisiones del material particulado no excedan la norma.

RESPONSABLE

Concesionario Carreteras Nacionales del Meta.

CRONOGRAMA

Durante los 24 meses de construcción.

PRESUPUESTO

Este programa hace parte del presupuesto de construcción.

Apéndice D. Fichas técnicas de la maquinaria

UNIÓN TEMPORAL DOBLES CALZADAS	FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPO O MAQUINA	VERSIÓN: 1	
		PÁGINA: 117 DE 1	
IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO			
Nombre del Equipo:		ESCAVADORA SOBRE ORUGAS	
Ubicación del equipo:		FRENTE DE OBRA - PORFIA.	
Marca:		HITACHI	
Modelo:		ZX210LC-6N	
Serie:		1FFDC571VGF340102	
Fecha de puesta en funcionamiento:		2014	
DATOS DEL PROVEEDOR			
Fabricante y Lugar de origen:		ISUZU – TOKIO - JAPON	
Fecha de adquisición:		2014	
Nombre de proveedor y Dirección:		RITCHIE BROS – NORTH EAST EE.UU.	
Datos de contacto E-mail, teléfono:		3201 Pulaski Hwy 219 01 North East Estados Unidos	
Posee catálogo de manejo u operación:		SI	
Mantenimiento indicado por el fabricante:		SI	
Condiciones de operación:		La operatividad es elemento importante de riesgos tanto para el operador, la estabilidad de la empresa, la comunidad y la infraestructura. Para ello se implementan medidas de control y planes de mejoramiento en la prevención de accidentes de trabajo.	
CARACTERISTICAS METROLOGICAS DEL EQUIPO			
Altura Total:		2.950 mm - 9.7 Pies	
Rendimiento Máximo:		122 KW	
Velocidad de Giro:		13.3 RPM.	
Potencia del Motor:		109.6KW – 147 CV	
Garantía: SI X NO _____		Fecha de Inicio: 2014 Fecha de Terminación: 2019	
			

UNIÓN TEMPORAL DOBLES CALZADAS	FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPO O MAQUINA		VERSIÓN: 1
			PÁGINA: 118 DE 1
IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO			
Nombre del Equipo:		MOTONIVELADORA	
Ubicación del equipo:		FRENTE DE OBRA - PORFIA	
Marca:		VOLVO	
Modelo:		G 720	
Serie:		D7DGBE2	
Fecha de puesta en funcionamiento:		2015	
DATOS DEL PROVEEDOR			
Fabricante y Lugar de origen:		Champion	
Fecha de adquisición:		2014	
Nombre de proveedor y Dirección:		CASE Construction Equipmenr Panamericana Norte Km 15 ½, Lampa – Santiago - Chile	
Datos de contacto E-mail, teléfono:		Skem@skemaquinarias. Cl – (56-2) 837 3301	
Posee catálogo de manejo u operación:		SI	
Mantenimiento indicado por el fabricante:		SI	
Condiciones de operación:		La operatividad es elemento importante de riesgos tanto para el operador, la estabilidad de la empresa, la comunidad y la infraestructura. Para ello se implementan medidas de control y planes de mejoramiento en la prevención de accidentes de trabajo.	
CARACTERISTICAS METROLOGICAS DEL EQUIPO			
Altura Total:		8.484 mm.	
Rendimiento Máximo:		126 KW	
Velocidad de Giro:		12.7 RPM	
Potencia del Motor:		127KW	
Garantía: SI __x__ NO____		Fecha de Inicio: 2015 Fecha de Terminación: 2020	
			

UNIÓN TEMPORAL DOBLES CALZADAS	FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPO O MAQUINA	VERSIÓN: 1	
		PÁGINA: 119 DE 1	
IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO			
Nombre del Equipo:		EXCAVADORA JOHN DEERE	
Ubicación del equipo:		FRENTE DE OBRA - PORFIA	
Marca:		JOHN DEERE POWER TECH	
Modelo:		350G LC / PSX 9.01	
Serie:		E 808001	
Fecha de puesta en funcionamiento:		2016	
DATOS DEL PROVEEDOR			
Fabricante y Lugar de origen:		JOHN DEERE POWER TECH	
Fecha de adquisición:		2015	
Nombre de proveedor y Dirección:		Deere Hitachi (Kernersville, NC, EE.UU.)	
Datos de contacto E-mail, teléfono:		Publications, Dept. 324 Dubuque, IA 52004-0538 EE.UU 1-563-589-5800 (EE.UU.)	
Posee catálogo de manejo u operación:		SI	
Mantenimiento indicado por el fabricante:		SI	
Condiciones de operación:		La operatividad es elemento importante de riesgos tanto para el operador, la estabilidad de la empresa, la comunidad y la infraestructura. Para ello se implementan medidas de control y planes de mejoramiento en la prevención de accidentes de trabajo.	
CARACTERISTICAS METROLOGICAS DEL EQUIPO			
Altura Total:		3.600 mm	
Rendimiento Máximo:		271KW	
Velocidad de Giro:		10.7 RPM	
Potencia del Motor:		202 KW	
Garantía: SI _x_ NO _____		Fecha de Inicio: 2016 Fecha de Terminación: 2021	
			

UNIÓN TEMPORAL DOBLES CALZADAS	FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPO O MAQUINA	VERSIÓN: 1	
		PÁGINA: 120 DE 1	
IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO			
Nombre del Equipo:		RETROCARGADOR	
Ubicación del equipo:		FRENTE DE OBRA - PORFIA	
Marca:		JOHN DEERE	
Modelo:		410J	
Serie:		4045TT096	
Fecha de puesta en funcionamiento:		2016	
DATOS DEL PROVEEDOR			
Fabricante y Lugar de origen:		JOHN DEERE	
Fecha de adquisición:		2015	
Nombre de proveedor y Dirección:		Deere Hitachi (Kernersville, NC, EE.UU.)	
Datos de contacto E-mail, teléfono:		Publications, Dept. 324 Dubuque, IA 52004-0538 EE.UU 1-563-589-5800 (EE.UU.)	
Posee catálogo de manejo u operación:		SI	
Mantenimiento indicado por el fabricante:		SI	
Condiciones de operación:		La operatividad es elemento importante de riesgos tanto para el operador, la estabilidad de la empresa, la comunidad y la infraestructura. Para ello se implementan medidas de control y planes de mejoramiento en la prevención de accidentes de trabajo.	
CARACTERISTICAS METROLOGICAS DEL EQUIPO			
Altura Total:		7.250 mm	
Rendimiento Máximo:		49.2 KW	
Velocidad de Giro:		12.3 RPM	
Potencia del Motor:		46.2 KW	
Garantía: SI _x_ NO _____		Fecha de Inicio: 2016 Fecha de Terminación: 2021	
			

UNIÓN TEMPORAL DOBLES CALZADAS	FORMATO DE HOJA DE VIDA DE EQUIPO O MAQUINA		VERSIÓN: 1
			PÁGINA: 121 DE 1
IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPO			
Nombre del Equipo:		RETROCARGADOR	
Ubicación del equipo:		FRENTE DE OBRA - PORFIA	
Marca:		JOHN DEERE	
Modelo:		410	
Serie:		1T0410JXLB020128	
Fecha de puesta en funcionamiento:		2015	
DATOS DEL PROVEEDOR			
Fabricante y Lugar de origen:		JOHN DEERE	
Fecha de adquisición:		2015	
Nombre de proveedor y Dirección:		Miller-Bradford & Risberg Inc Rockford, IL	
Datos de contacto E-mail, teléfono:		3737 11th St Rockford, Illinois, 61109 Estados Unidos	
Posee catálogo de manejo u operación:		SI	
Mantenimiento indicado por el fabricante:		SI	
Condiciones de operación:		La operatividad es elemento importante de riesgos tanto para el operador, la estabilidad de la empresa, la comunidad y la infraestructura. Para ello se implementan medidas de control y planes de mejoramiento en la prevención de accidentes de trabajo	
CARACTERISTICAS METROLOGICAS DEL EQUIPO			
Altura Total:		3.910 mm.	
Rendimiento Máximo:		80 KW	
Velocidad de Giro:		13.4 RPM	
Potencia del Motor:		75 KW	
Garantía: SI _x_ NO _____		Fecha de Inicio: 2015 Fecha de Terminación: 2020	
			

Apéndice E. Cálculos LAeq y promedios

Estación 1 Hábil Diurno

DIURNO								
Ubicación:	Estación 1			Loc Quest	S859			
Fecha de muestra:	martes, 27 de febrero de 2018			Hora de Inicio:	4:00:00 p. m.	Hora Final:	6:00:00 p. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	Laeq
4:00:00 p. m.	N	0,7	26,8	49	70,8	73,4	72,1	71,2
4:05:00 p. m.		0,6	27,2	50	67,5	69,9	71,0	
4:10:00 p. m.		0,5	26,8	48	70,8	72,5	71,7	
4:15:00 p. m.		0	26,8	52	76,6	77,6	71,1	
4:20:00 p. m.		0,8	27,9	51	69,4	70,8	70,1	
4:25:00 p. m.	O	0,5	28,2	47	72,0	73,2	72,6	72,42
4:30:00 p. m.		0,6	27,8	45	65,2	66,3	71,7	
4:35:00 p. m.		0,4	28,2	42	65,2	66,3	71,1	
4:40:00 p. m.		0,8	28,5	43	74,2	75,2	74,7	
4:45:00 p. m.		1,2	27,4	46	71,5	72,5	72	
4:50:00 p. m.	S	1,3	26,8	42	70,6	70,9	70,8	72,28
4:55:00 p. m.		1,8	28,7	43	72,3	74,1	73,2	
5:00:00 p. m.		0,7	27,5	45	71,9	72,3	72,1	
5:05:00 p. m.		0,9	28,1	43	72,5	73,5	73	
5:10:00 p. m.		1,0	27,5	45	72,0	72,6	72,3	
5:15:00 p. m.	E	1,1	26,4	42	72,7	73,8	73,3	73,24
5:20:00 p. m.		1,2	26,5	40	75,9	76,4	71,1	
5:25:00 p. m.		0,6	27,0	40	73,2	73,4	73,3	
5:30:00 p. m.		0	27,2	42	72,9	73,6	73,3	
5:35:00 p. m.		0,7	26,8	44	74,8	75,5	75,2	
5:40:00 p. m.	V	0,5	27,4	46	71,1	71,8	71,5	71,68
5:45:00 p. m.		0,4	28,2	42	72,2	72,7	72,5	
5:50:00 p. m.		0,9	27,3	45	69,1	70,3	69,7	
5:55:00 p. m.		0,6	27,5	42	72,5	73,3	72,9	
6:00:00 p. m.		0,8	27,1	41	71,1	72,5	71,8	
Promedio		0,7	27,4	44,6	71,5	72,6	72,2	
LAeq =	72,22							

El procedimiento para encontrar el valor de Nivel equivalente resultante de medición LAeq, se realizó teniendo en cuenta los promedios calculados de los cinco datos de dBA tomados en cada dirección del micrófono, como se muestra en la tabla anterior. Aplicando la fórmula descrita en la Resolución 0627 de 2006, de la siguiente manera para el caso de la medición en horario diurno hábil:

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{5} \cdot (10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}}) \right)$$

Donde:

L_N = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte

L_O = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste

L_S = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur

L_E = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este

Reemplazando:

$$\mathbf{L} \mathbf{A} \mathbf{e} \mathbf{q} = 10 \cdot \log((1/5) \cdot ((10^{(71, 20/10)}) + (10^{(72, 42/10)}) + (10^{(72, 28/10)}) + (10^{(73, 24/10)}) + (10^{(71, 68/10)})))$$

$$\mathbf{LAeq} = 10.\log((1/5).((13182567,39)+(17458221,53)+(16904409,32)+(21086281,50)+(14723125,02)))$$

$$L_{Aeq} = 10.\log((1/5).(83354604,75))$$

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log(16670920,95)$$

$$\mathbf{LAeq} = 10.(7,221959592)$$

$$LA_{eq} = 72,22$$

Este cálculo, aplica para todas las estaciones en horarios diurnos y nocturnos y en jornada hábil y no hábil.

Estación 1 Hábil Nocturno

NOCTURNO									
Ubicación:		Estación 1			Loc Quest		S856		
Fecha de muestra:				martes, 27 de febrero de 2018		Hora de Inicio:		2:00:00 a. m.	
Hora hh:mm		Dirección Micrófono		Vel Viento (m/s)		Temp °C		Humedad R. %	
2:00:00 a. m.		N		1,2		26,0		52	
2:05:00 a. m.				0		26,2		52	
2:10:00 a. m.				0,8		26,2		51	
2:15:00 a. m.				1,0		26,0		53	
2:20:00 a. m.				1,2		25,8		55	
2:25:00 a. m.		O		1,5		26,1		54	
2:30:00 a. m.				0,8		26,1		57	
2:35:00 a. m.				1,2		25,7		55	
2:40:00 a. m.				0,9		25,8		55	
2:45:00 a. m.				0,7		26,1		54	
2:50:00 a. m.		S		0,9		26,2		54	
2:55:00 a. m.				0,5		25,9		56	
3:00:00 a. m.				0,3		25,8		55	
3:05:00 a. m.				1,3		25,8		55	
3:10:00 a. m.				1,1		25,5		57	
3:15:00 a. m.		E		1,2		25,2		60	
3:20:00 a. m.				0,8		25,1		63	
3:25:00 a. m.				1,3		25,2		62	
3:30:00 a. m.				0		25,5		63	
3:35:00 a. m.				0,5		25,9		61	
3:40:00 a. m.		V		0,4		25,9		61	
3:45:00 a. m.				0,8		26,2		60	
3:50:00 a. m.				1,2		26,8		59	
3:55:00 a. m.				0		26,5		60	
4:00:00 a. m.				0,2		26,8		61	
Promedio				0,8		25,9		57,0	
LAeq =		63,46							

DIURNO								
Ubicación:		Estación 1			Loc Quest	S867		
Fecha de muestra: domingo, 11 de marzo de 2018				Hora de Inicio: 9:00:00 a. m.		Hora Final:	11:00:00 a. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
9:00:00 a. m.	N	1,4	28,7	31	57,8	58,6	58,2	60,16
9:05:00 a. m.		1,7	28,5	35	56,6	57,4	57,0	
9:10:00 a. m.		1,9	29,1	34	56,6	57,2	56,9	
9:15:00 a. m.		2,2	27,4	32	60,5	61,3	60,9	
9:20:00 a. m.		1,8	27,8	36	67,3	68,3	67,8	
9:25:00 a. m.	O	2,0	28,0	40	82,0	82,8	82,4	77,56
9:30:00 a. m.		1,7	29,8	47	81,2	81,8	81,5	
9:35:00 a. m.		1,5	29,6	45	79,0	79,4	79,2	
9:40:00 a. m.		2,0	30,1	48	67,3	67,9	67,6	
9:45:00 a. m.		2,1	31,2	46	76,7	77,5	77,1	
9:50:00 a. m.	S	0,5	31,7	44	83,2	84,2	83,7	68,22
9:55:00 a. m.		1,8	32,2	40	77,8	78,8	78,3	
10:00:00 a. m.		1,5	31,8	38	67,4	68,2	67,8	
10:05:00 a. m.		0,9	32,4	42	52,2	52,8	52,5	
10:10:00 a. m.		0,5	31,7	38	58,6	59,0	58,8	
10:15:00 a. m.	E	0,4	31,9	37	59,0	59,8	59,4	74,94
10:20:00 a. m.		1,2	32,0	39	75,0	75,6	75,3	
10:25:00 a. m.		0,8	32,2	40	77,8	78,2	78,0	
10:30:00 a. m.		0,5	32,1	43	81,4	82,4	81,9	
10:35:00 a. m.		1,3	32,7	45	79,5	80,7	80,1	
10:40:00 a. m.	V	0,9	32,4	42	80,8	81,4	81,1	78,48
10:45:00 a. m.		0,7	32,1	40	80,1	81,1	80,6	
10:50:00 a. m.		1,5	31,8	38	82,1	83,3	82,7	
10:55:00 a. m.		1,2	29,8	35	73,9	75,3	74,6	
11:00:00 a. m.		1,4	30,4	36	72,8	74,0	73,4	
Promedio	0,00	1,3	30,7	39,6	71,5	72,3	71,9	
LAeq=	75,22							

NOCTURNO								
Ubicación:		Estación 1			Loc Quest	S866		
Fecha de muestra:	domingo, 11 de marzo de 2018			Hora de Inicio:	3:00:00 a. m.	Hora Final:	5:00:00 a. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	DbA	LAeq
3:00:00 a. m.	N	0,7	27,3	55	70,6	71	70,8	59,5
3:05:00 a. m.		0,9	26,8	53	57,2	57,6	57,4	
3:10:00 a. m.		0,6	26,3	54	57,6	58,2	57,9	
3:15:00 a. m.		1	27	56	58,1	58,9	58,5	
3:20:00 a. m.		0,8	26,4	52	52,4	53,4	52,9	
3:25:00 a. m.	O	0,9	26,6	58	79,0	79,4	79,2	73,4
3:30:00 a. m.		1,1	26,9	57	74,4	75,4	74,9	
3:35:00 a. m.		1,3	26,4	52	64,2	65,4	64,8	
3:40:00 a. m.		0,8	26,7	50	80,2	80,6	80,4	
3:45:00 a. m.		0,6	27,1	54	67,3	68,1	67,7	
3:50:00 a. m.	S	0,4	26,7	58	62,6	63,6	63,1	60,76
3:55:00 a. m.		0,9	26,9	53	57,3	57,7	57,5	
4:00:00 a. m.		0,3	27,2	55	60,6	61,4	61,0	
4:05:00 a. m.		0,8	26,4	57	60,9	62,1	61,5	
4:10:00 a. m.		0,4	26,8	55	60,4	61,0	60,7	
4:15:00 a. m.	E	0,6	26,6	52	62,1	62,5	62,3	67,3
4:20:00 a. m.		1,1	27,1	54	72,5	73,3	72,9	
4:25:00 a. m.		1,3	28,0	57	62,6	63,8	63,2	
4:30:00 a. m.		0,7	27,9	59	71,2	72,2	71,7	
4:35:00 a. m.		0,2	27,5	56	66,2	66,6	66,4	
4:40:00 a. m.	V	0,9	28,2	52	60,1	60,7	60,4	60,94
4:45:00 a. m.		1,2	28,4	52	64,7	65,5	65,1	
4:50:00 a. m.		1,1	28,5	58	58,1	59,3	58,7	
4:55:00 a. m.		0,5	28,1	56	58,0	59,4	58,7	
5:00:00 a. m.		0,9	28,4	57	61,6	62,0	61,8	
Promedio	0,00	0,8	27,208	54,88	63,996	64,764	64,38	
LAeq=	67,86							

DIURNO								
Ubicación:		Estación 2			Loc Quest	S845		
Fecha de muestra:	viernes, 23 de febrero de 2018			Hora de Inicio:	3:00:00 p. m.	Hora Final:	5:00:00 p. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
3:00:00 p. m.	N	0,2	33,5	40	67,3	68,5	67,9	67,64
3:05:00 p. m.		0,1	33,8	41	67,2	67,8	67,5	
3:10:00 p. m.		0,3	33,2	40	68,7	69,7	69,2	
3:15:00 p. m.		0,2	33,4	42	66,4	67,6	67	
3:20:00 p. m.		0	33,9	43	66,4	66,8	66,6	
3:25:00 p. m.	O	0	34,1	42	67,9	68,9	68,4	68,28
3:30:00 p. m.		0,2	33,9	44	67,2	68,0	67,6	
3:35:00 p. m.		0,1	32,1	47	69,9	70,5	70,2	
3:40:00 p. m.		0	33,5	50	67,0	68,2	67,6	
3:45:00 p. m.		0,1	32,7	54	67,2	68,0	67,6	
3:50:00 p. m.	S	0,3	30,4	57	68,6	69,4	69	67,36
3:55:00 p. m.		0,5	29,3	54	67,2	67,8	67,5	
4:00:00 p. m.		0,1	28,1	52	65,8	66,6	66,2	
4:05:00 p. m.		0	28,3	55	66	67,0	66,5	
4:10:00 p. m.		0,2	28,2	56	66,8	68,4	67,6	
4:15:00 p. m.	E	0	27,7	59	67,1	68,5	67,8	67,2
4:20:00 p. m.		0,5	27	60	65,8	67,0	66,4	
4:25:00 p. m.		0,5	27,8	62	66,6	67,4	67,0	
4:30:00 p. m.		0,3	27,5	61	66,1	66,7	66,4	
4:35:00 p. m.		0,6	27,2	64	67,9	68,9	68,4	
4:40:00 p. m.	V	0	27	69	66,8	67,6	67,2	67,88
4:45:00 p. m.		0,4	26,8	70	68,4	69,6	69	
4:50:00 p. m.		0,7	26,1	67	66,4	68,0	67,2	
4:55:00 p. m.		0,7	26	65	68,2	68,6	68,4	
5:00:00 p. m.		0,8	26,4	68	67,3	67,9	67,6	
Promedio		0,3	29,9	54,5	67,2	68,1	67,7	
LAeq=	67,69							

NOCTURNO								
Ubicación:		Estación 2			Loc Quest	S853		
Fecha de muestra:	jueves, 25 de enero de 2018			Hora de Inicio:	3:00:00 a. m.	Hora Final:	5:00:00 a. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
3:00:00 a. m.	N	0,1	25,9	63	72,5	72,9	72,7	73,06
3:05:00 a. m.		0,2	25,7	65	76,3	77,1	76,7	
3:10:00 a. m.		0,2	25,4	65	74,7	75,1	74,9	
3:15:00 a. m.		0,3	25,1	67	74	75	74,5	
3:20:00 a. m.		0	25,6	69	66,1	66,9	66,5	
3:25:00 a. m.	O	0,2	25,2	70	78,7	79,9	79,3	74,92
3:30:00 a. m.		0,4	25,0	70	73,9	75,1	74,5	
3:35:00 a. m.		0,4	24,5	72	78,5	78,9	78,7	
3:40:00 a. m.		0,3	24,8	69	65,5	66,1	65,8	
3:45:00 a. m.		0,1	25,3	67	75,8	76,8	76,3	
3:50:00 a. m.	S	0	25,1	70	74,3	74,9	74,6	76,18
3:55:00 a. m.		0	24,5	72	75,8	76,4	76,1	
4:00:00 a. m.		0,2	23,9	74	74,4	75,8	75,1	
4:05:00 a. m.		0,1	23,3	74	75,6	77	76,3	
4:10:00 a. m.		0,3	23,7	71	78,4	79,2	78,8	
4:15:00 a. m.	E	0	23,4	70	68,3	69,3	68,8	72,32
4:20:00 a. m.		0,1	23,2	73	80,3	80,7	80,5	
4:25:00 a. m.		0,1	23,2	75	72,1	73,5	72,8	
4:30:00 a. m.		0,2	23,6	77	67,6	69	68,3	
4:35:00 a. m.		1	23,9	74	70,9	71,5	71,2	
4:40:00 a. m.	V	0	24,3	72	74,4	75,6	75	70,44
4:45:00 a. m.		0,2	24,5	71	68,2	69,6	68,9	
4:50:00 a. m.		0,4	24,4	73	67,9	69,5	68,7	
4:55:00 a. m.		0,1	24,2	75	61,3	61,9	61,6	
5:00:00 a. m.		0,3	24,0	76	77,8	78,2	78	
Promedio		0,2	24,5	71,0	72,9	73,8	73,4	
LAeq=	73,83							

Estación 2 No Hábil Diurno

DIURNO								
Ubicación:		Estación 2		Loc Quest		S854		
Fecha de muestra:				domingo, 25 de febrero de 2018		Hora de Inicio:	11:45:00 a. m.	
				Hora Final:		1:45:00 p. m.		
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
11:45:00 a. m.	N	1,2	32,2	65	72,6	73,4	73,0	73,98
11:50:00 a. m.		1,8	33,4	68	73,6	74,6	74,1	
11:55:00 a. m.		1,6	34,3	65	77,2	78,0	77,6	
12:00:00 p. m.		1,6	34,5	64	72,2	72,6	72,4	
12:05:00 p. m.		1,7	35,1	64	72,5	73,1	72,8	
12:10:00 p. m.	O	1,9	35,6	65	71,8	72,2	72,0	70,36
12:15:00 p. m.		1,8	35,8	63	70,7	71,5	71,1	
12:20:00 p. m.		1,8	36,0	62	71,3	72,3	71,8	
12:25:00 p. m.		1,7	36,3	60	69,1	69,7	69,4	
12:30:00 p. m.		1,5	36,7	65	67,1	67,9	67,5	
12:35:00 p. m.	S	1,7	36,1	66	68,1	68,9	68,5	68,3
12:40:00 p. m.		1,5	35,6	67	67,8	68,8	68,3	
12:45:00 p. m.		1,5	35,4	64	67,7	68,1	67,9	
12:50:00 p. m.		1,8	35,6	63	68,3	69,3	68,8	
12:55:00 p. m.		1,7	35,2	63	67,3	68,7	68	
1:00:00 p. m.	E	1,9	35,0	61	71,7	72,3	72,0	68,6
1:05:00 p. m.		2,1	34,7	62	67,3	67,9	67,6	
1:10:00 p. m.		2,3	34,8	60	68,9	69,7	69,3	
1:15:00 p. m.		2,3	34,5	60	66,5	67,3	66,9	
1:20:00 p. m.		2,5	34,5	61	66,8	67,6	67,2	
1:25:00 p. m.	V	2,6	34,2	62	67,1	67,9	67,5	68,36
1:30:00 p. m.		2,6	34,4	63	67,0	67,8	67,4	
1:35:00 p. m.		2,7	34,0	64	67,8	68,6	68,2	
1:40:00 p. m.		2,9	34,2	62	70,7	71,5	71,1	
1:45:00 p. m.		2,8	34,5	65,0	67,2	68,0	67,6	
Promedio		2,0	34,9	63,4	69,5	70,3	69,9	
LAeq=	70,55							

NOCTURNO								
Ubicación:		Estación 2			Loc Quest	S846		
Fecha de muestra: sábado, 24 de febrero de 2018				Hora de Inicio: 5:00:00 a. m.		Hora Final:	7:00:00 a. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
5:00:00 a. m.	N	0,3	22,8	62	14,8	15,2	15	15,02
5:05:00 a. m.		0,4	22,4	62	13,9	14,9	14,4	
5:10:00 a. m.		0,5	22	61	14,2	15,0	14,6	
5:15:00 a. m.		0,5	22,1	61	14,7	15,3	15	
5:20:00 a. m.		0,4	23	63	15,9	16,3	16,1	
5:25:00 a. m.	O	0,4	23,4	64	14,3	15,5	14,9	15,6
5:30:00 a. m.		0,3	23,1	64	15,3	16,1	15,7	
5:35:00 a. m.		0,2	23,2	66	14,8	15,4	15,1	
5:40:00 a. m.		0,0	24	65	15,6	16	15,8	
5:45:00 a. m.		0,1	24,5	65	16,3	16,7	16,5	
5:50:00 a. m.	S	0,2	25	63	16,2	16,4	16,3	16,82
5:55:00 a. m.		0,2	24,6	64	16,9	18,3	17,6	
6:00:00 a. m.		0,1	24,6	63	16,5	17,7	17,1	
6:05:00 a. m.		0,1	24,4	63	17,1	17,9	17,5	
6:10:00 a. m.		0,2	25,3	68	15,4	15,8	15,6	
6:15:00 a. m.	E	0,3	26,1	67	16,3	16,9	16,6	15,94
6:20:00 a. m.		0,3	26,8	66	16,3	16,9	16,6	
6:25:00 a. m.		0,4	27,4	64	14,9	15,3	15,1	
6:30:00 a. m.		0,5	27,3	64	15,3	16,1	15,7	
6:35:00 a. m.		0,5	27,2	65	15,5	15,9	15,7	
6:40:00 a. m.	V	0,6	28,0	65	14,8	16,4	15,6	16,86
6:45:00 a. m.		0,7	28,5	66	18,3	19,3	18,8	
6:50:00 a. m.		0,7	26,9	67	15,7	17,1	16,4	
6:55:00 a. m.		0,5	27,0	63	16,3	16,7	16,5	
7:00:00 a. m.		0,6	27,6	60	16,4	17,6	17,0	
Promedio		0,4	25,1	64,0	15,7	16,4	16,0	
LAeq=	16,11							

DIURNO								
Ubicación:		Estación 3			Loc Quest	S860		
Fecha de muestra:	miércoles, 28 de febrero de 2018			Hora de Inicio:	8:00:00 a. m.	Hora Final:	10:00:00 a. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
8:00:00 a. m.	N	1,1	26,3	55	76,5	76,9	76,7	73,7
8:05:00 a. m.		1	27,4	54	73,8	74,2	74,0	
8:10:00 a. m.		1,2	26,7	55	72,3	72,9	72,6	
8:15:00 a. m.		0,9	25,3	53	72,1	73,1	72,6	
8:20:00 a. m.		0,6	25,7	51	72,2	73	72,6	
8:25:00 a. m.	O	0,8	26,9	52	72,3	72,9	72,6	74,38
8:30:00 a. m.		1,3	27,4	51	75,1	75,5	75,3	
8:35:00 a. m.		1,5	26,2	50	70,3	71,1	70,7	
8:40:00 a. m.		1,4	25,8	48	75,4	76,4	75,9	
8:45:00 a. m.		1,4	26,1	49	77,2	77,6	77,4	
8:50:00 a. m.	S	1,2	27,6	50	76,1	76,7	76,4	76,78
8:55:00 a. m.		1	28,8	47	77,0	77,4	77,2	
9:00:00 a. m.		1,1	29,3	48	76,1	77,3	76,7	
9:05:00 a. m.		1,4	31,7	51	75,8	77,2	76,5	
9:10:00 a. m.		1	32,4	53	76,6	77,6	77,1	
9:15:00 a. m.	E	0,8	30,7	46	76,9	77,3	77,1	75,22
9:20:00 a. m.		0,8	29,7	49	75,2	75,8	75,5	
9:25:00 a. m.		0,5	30	50	73,7	74,3	74,0	
9:30:00 a. m.		0,9	31,5	53	73,4	74,0	73,7	
9:35:00 a. m.		1,1	33	51	75,4	76,2	75,8	
9:40:00 a. m.	V	1,8	31,8	50	75,3	75,7	75,5	74,86
9:45:00 a. m.		2,1	32,2	52	73,1	74,3	73,7	
9:50:00 a. m.		1,7	31,1	54	74,5	75,3	74,9	
9:55:00 a. m.		1,4	30,9	51	75,9	76,3	76,1	
10:00:00 a. m.		0,9	29,5	50	73,6	74,6	74,1	
Promedio		1,2	29,0	50,9	74,6	75,3	75,0	
LAeq=	75,12							

NOCTURNO								
Ubicación:		Estación 3			Loc Quest	S861		
Fecha de muestra:	miércoles, 28 de febrero de 2018			Hora de Inicio:	2:00:00 a. m.	Hora Final:	4:00:00 a. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
2:00:00 a. m.	N	0,4	30,0	48	64,7	65,1	64,9	63,5
2:05:00 a. m.		0,3	28,9	46	61,6	62,2	61,9	
2:10:00 a. m.		0,1	27,4	45	63,3	63,7	63,5	
2:15:00 a. m.		0	27,1	43	64,7	65,5	65,1	
2:20:00 a. m.		0,2	26,8	47	61,8	62,4	62,1	
2:25:00 a. m.	O	0,3	26,5	43	65,5	65,9	65,7	64,86
2:30:00 a. m.		0,6	27,7	45	61,6	61,8	61,7	
2:35:00 a. m.		0,5	29,0	49	65,1	65,9	65,5	
2:40:00 a. m.		0,6	28,2	44	64,3	64,9	64,6	
2:45:00 a. m.		0,8	27,5	46	66,3	67,3	66,8	
2:50:00 a. m.	S	0,5	26,1	43	66,9	67,1	67,0	64,82
2:55:00 a. m.		0,7	27,9	45	65,5	66,1	65,8	
3:00:00 a. m.		1	28,6	47	62,8	63,2	63,0	
3:05:00 a. m.		1,1	28,2	50	61,6	62,4	62,0	
3:10:00 a. m.		1,2	27,8	48	66,0	66,6	66,3	
3:15:00 a. m.	E	0,8	26,9	45	64,4	64,6	64,5	65,88
3:20:00 a. m.		0,4	27,4	42	64,0	64,4	64,2	
3:25:00 a. m.		0,2	27,0	44	68,5	69,1	68,8	
3:30:00 a. m.		0,3	28,2	50	67,9	68,9	68,4	
3:35:00 a. m.		0,2	28,7	56	63,3	63,7	63,5	
3:40:00 a. m.	V	0	29,7	54	61,8	62,0	61,9	60,3
3:45:00 a. m.		0	30,0	50	60,2	60,4	60,3	
3:50:00 a. m.		0,1	28,2	47	62,6	63,4	63,0	
3:55:00 a. m.		0,5	29,1	45	56,3	56,9	56,6	
4:00:00 a. m.		0,7	29,8	44	59,5	59,9	59,7	
Promedio		0,5	28,1	46,6	63,6	64,1	63,9	
LAeq=	64,24							

DIURNO								
Ubicación:		Estación 3			Loc Quest	S863		
Fecha de muestra:	domingo, 04 de marzo de 2018			Hora de Inicio:	9:00:00 a. m.	Hora Final:	11:00:00 a. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
9:00:00 a. m.	N	0,2	24,3	67	65,3	65,7	65,5	69,18
9:05:00 a. m.		0,1	24,6	68	66,7	67,1	66,9	
9:10:00 a. m.		0	24,8	68	71,4	72,2	71,8	
9:15:00 a. m.		0	24,2	65	69,2	69,8	69,5	
9:20:00 a. m.		0,2	24,9	64	71,7	72,7	72,2	
9:25:00 a. m.	O	0,1	25	62	69,5	70,3	69,9	79,22
9:30:00 a. m.		0,4	25,3	60	74,8	76,0	75,4	
9:35:00 a. m.		0,1	24,8	60	83,9	84,3	84,1	
9:40:00 a. m.		0,2	24,4	58	84,1	84,7	84,4	
9:45:00 a. m.		0,4	24,8	56	82,0	82,6	82,3	
9:50:00 a. m.	S	0,5	25,6	53	80,3	81,3	80,8	68,5
9:55:00 a. m.		0,6	25,9	51	80,0	80,8	80,4	
10:00:00 a. m.		0,3	26,5	53	81,1	81,5	81,3	
10:05:00 a. m.		0,1	26,9	50	71,9	72,9	72,4	
10:10:00 a. m.		0	27,8	48	27,5	27,7	27,6	
10:15:00 a. m.	E	0,1	29,4	46	57,6	58,4	58,0	52,74
10:20:00 a. m.		0	28,7	49	63,9	64,3	64,1	
10:25:00 a. m.		0,2	28,2	50	62,2	63,0	62,6	
10:30:00 a. m.		0	27,4	52	64,1	65,3	64,7	
10:35:00 a. m.		0,3	27,9	49	13,6	15,0	14,3	
10:40:00 a. m.	V	0,2	28,2	47	14,1	14,5	14,3	14,3
10:45:00 a. m.		0,4	28,5	44	14,0	14,6	14,3	
10:50:00 a. m.		0,3	29,8	44	13,8	14,8	14,3	
10:55:00 a. m.		0,1	30,3	42	14,0	14,6	14,3	
11:00:00 a. m.		0,1	30,5	43	14,1	14,5	14,3	
Promedio		0,2	26,7	54,0	56,4	57,1	56,8	
LAeq=	72,97							

NOCTURNO								
Ubicación:	Estación 3			Loc Quest		S862		
Fecha de muestra: domingo, 04 de marzo de 2018				Hora de Inicio: 2:00:00 a. m.		Hora Final:	4:00:00 a. m.	
Hora hh:mm	Dirección Micrófono	Vel Viento (m/s)	Temp °C	Humedad R. %	dBA Min	dBA Max	dBA	LAeq
2:00:00 a. m.	N	0,7	24,1	66	61,2	61,8	61,5	64,16
2:05:00 a. m.		0,5	24,3	65	64,7	65,7	65,2	
2:10:00 a. m.		0,4	24,7	64	64,0	64,4	64,2	
2:15:00 a. m.		0,8	24,2	63	59,5	60,1	59,8	
2:20:00 a. m.		1,0	23,7	60	69,8	70,4	70,1	
2:25:00 a. m.	O	1,2	23,4	67	66,3	67,1	66,7	63,16
2:30:00 a. m.		1,1	23,9	69	63,9	64,1	64,0	
2:35:00 a. m.		1,4	24,0	70	64,2	64,6	64,4	
2:40:00 a. m.		1,6	24,3	66	60,4	61,6	61,0	
2:45:00 a. m.		1,3	24,6	63	59,4	60,0	59,7	
2:50:00 a. m.	S	1,5	23,1	67	64,4	64,6	64,5	59,38
2:55:00 a. m.		1,4	23,5	69	54,0	54,6	54,3	
3:00:00 a. m.		1,6	23,7	70	56,9	57,3	57,1	
3:05:00 a. m.		1,8	23,9	72	61,6	62,4	62,0	
3:10:00 a. m.		1,7	23,4	70	58,4	59,6	59,0	
3:15:00 a. m.	E	1,8	23,1	70	57,5	58,5	58,0	58,92
3:20:00 a. m.		1,5	23,6	64	54,3	54,7	54,5	
3:25:00 a. m.		1,5	23,3	68	60,8	61,6	61,2	
3:30:00 a. m.		1,1	23,8	72	60,3	60,7	60,5	
3:35:00 a. m.		0,9	24,4	69	60,2	60,6	60,4	
3:40:00 a. m.	V	0,5	24,3	70	59,6	60,4	60,0	60,1
3:45:00 a. m.		0,4	24,7	68	60,7	61,5	61,1	
3:50:00 a. m.		0,6	24,5	68	61,4	62,2	61,8	
3:55:00 a. m.		0,8	24,1	68	57,7	58,3	58,0	
4:00:00 a. m.		1,0	23,6	67	59,0	60,2	59,6	
Promedio		1,1	23,9	67,4	60,8	61,5	61,1	
LAeq=	61,67							

Apéndice F. Ajustes de medición

DÍA HÁBIL

- Correcciones Ki horario diurno hábil

Aplicando la metodología definida en el Anexo 2 de la Resolución 0627 de 2006, Determinación de los valores de ajuste K, se encontró que en las Estaciones 1, 2 y 3 poseen percepción neta de componentes impulsivos, motivo por lo cual se deben aplicar tres (3) dB(A) a los datos obtenidos en campo.

CORRECCIÓN POR IMPULSO - KI								
HÁBIL - DIURNO								
Estación	Hora de inicio	Parámetros				KI	Leq KI	Percepción
		#LocQuest	LAS _I T dBA	LAI _I T dBA	Li	(dBA)		
Horario Diurno								
1	4:00 p.m.	S859	72,2	75,3	3,1	3,0	75,2	NETA
2	3:00 p.m.	S845	67,7	70,3	2,6	3,0	70,7	NETA
3	8:00 a.m.	S860	75,0	77,2	2,2	3,0	78,0	NETA

- Correcciones Ki horario nocturno hábil

Aplicando la metodología definida en el Anexo 2 de la Resolución 0627 de 2006, Determinación de los valores de ajuste K, se encontró que en las Estaciones 1 y 3 poseen percepción neta de componentes impulsivos en el horario nocturno, motivo por lo cual se deben aplicar tres (3) dB(A) a los datos obtenidos en campo. En cuanto a la Estación 2, se identificó percepción fuerte de componentes impulsivos, por lo cual se le aplicaron seis (6) dB(A) a los datos.

CORRECCIÓN POR IMPULSO - KI								
HÁBIL - NOCTURNO								
Estación	Hora de inicio	Parámetros				KI	L _{eq} K _I	Percepción
		#LocQuest	L _{AS} ,T dBA	L _{Al} ,T dBA	L _i	(dBA)		
Horario Nocturno-Hábil								
1	4:00 p.m.	S856	56,7	61,7	5	3	59,7	NETA
2	3:00 p.m.	S853	73,4	81,9	8,5	6	79,4	FUERTE
3	8:00 a.m.	S861	63,9	68,6	4,7	3	66,9	NETA

DÍA NO HÁBIL

- Correcciones Ki horario diurno no hábil

Se evidencia que en la Estación 2 y 3 en este horario presenta componentes impulsivos netos, por lo tanto les corresponde un ajuste de tres (3) dB(A), mientras que en la Estación 1 no presentó este tipo de componentes.

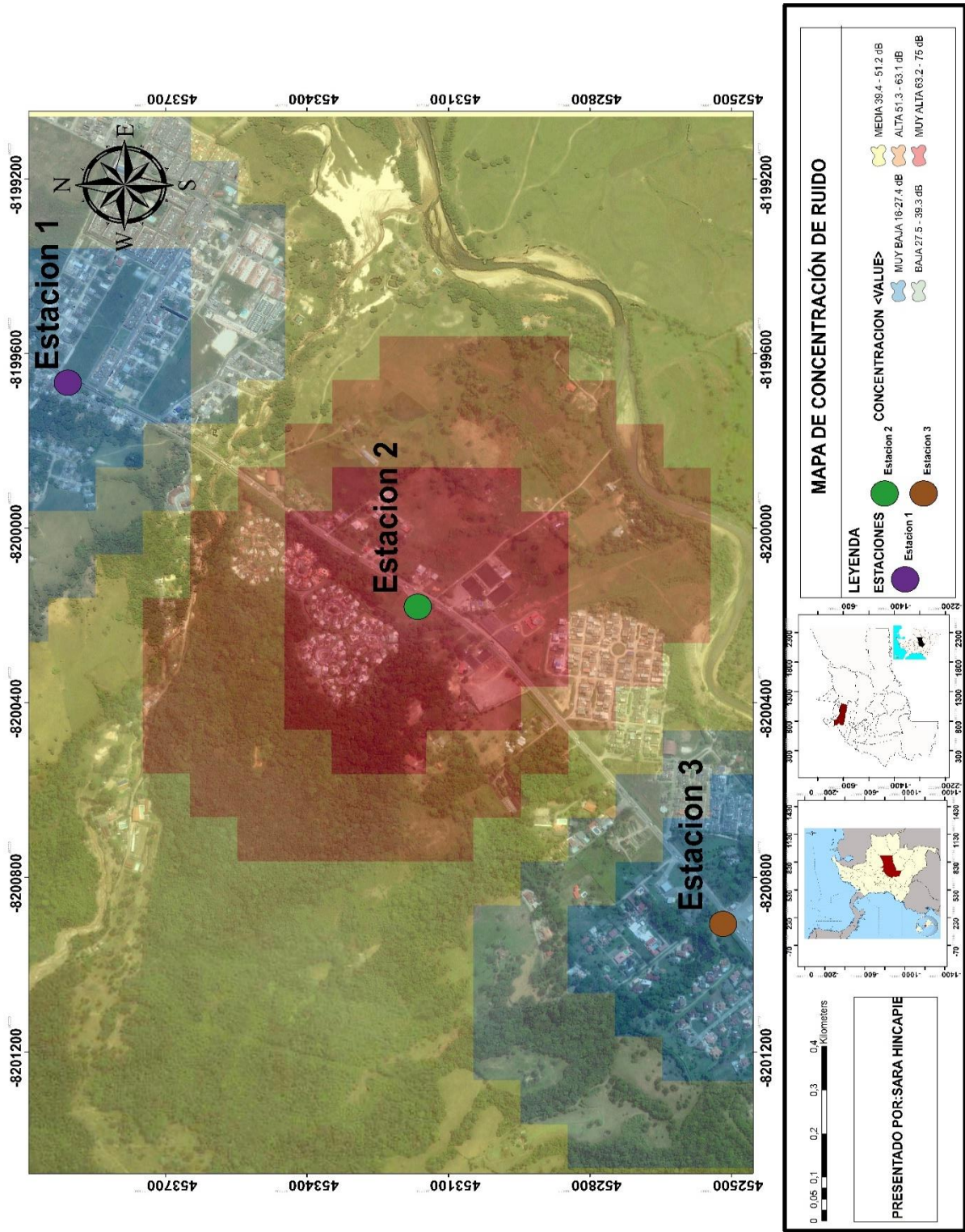
CORRECIÓN POR IMPULSO - KI								
NO HÁBIL - DIURNO								
Estación	Hora de inicio	Parámetros				KI	L _{eq} KI	Percepción
		#LocQuest	L _{AS,T} dBA	L _{AI,T} dBA	L _i	(dBA)		
Horario Diurno- No Hábil								
1	9:00 a.m.	S867	71,9	74,1	2,2	0	71,9	NULA
2	11:45 a.m.	S854	69,9	74,1	4,2	3	72,9	NETA
3	9:00 a.m	S863	56,8	61,9	5,1	3	59,8	NETA

- Correcciones Ki horario nocturno no hábil

Se evidencia que los tres puntos monitoreados presentan Componentes impulsivos fuerte, por lo tanto es necesario aplicar el ajuste de seis (6) dB(A) a los datos obtenidos en campo.

NO HÁBIL - NOCTURNO								
Estación	Hora de inicio	Parámetros				KI	L _{eq} K _I	Percepción
		#LocQuest	L _{AS,T} dBA	L _{AI,T} dBA	L _i	(dBA)		
Horario Nocturno- No Hábil								
1	2:00 a.m.	S866	64,4	73,8	9,4	6	70,4	FUERTE
2	3:00 a.m.	S846	16	25,1	9,1	6	22,0	FUERTE
3	5:00 a.m	S862	61,1	69,9	8,8	6	67,1	FUERTE

Apéndice G. . Mapa de ruido



Apéndice H. Mapa de Distribución de dirección y velocidad del viento.

