

EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

# ESTRATEGIAS PARA MITIGAR EMISIONES DE RUIDO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES DE CARRETERA EN CÚCUTA - PAMPLONA

## STRATEGIES TO MITIGATE THE EMISIONS OF NOISE ON THE CONSTRUCTION OF ROAD TUNNELS IN CÚCUTA - PAMPLONA

Liliana González Cardozo  
Administradora de Seguridad y Salud Ocupacional  
Bogotá, Colombia.  
est.liliana.gonzal1@unimilitar.edu.co

### Artículo de Investigación

#### DIRECTOR

**Ph.D. Ximena Lucía Pedraza Nájjar**

Doctora en Administración – Universidad de Celaya (México)  
Magíster en Calidad y Gestión Integral – Universidad Santo Tomás e Icontec  
Especialista en gestión de la producción, la calidad y la tecnología - Universidad  
Politécnica de Madrid (España)  
Especialista en gerencia de procesos, calidad e innovación – Universidad EAN  
(Bogotá D.C.)  
Microbióloga Industrial – Pontificia Universidad Javeriana  
Auditor de certificación: sistemas de gestión y de producto

Gestora Especialización en Gerencia de la Calidad - Universidad Militar Nueva  
Granada

ximena.pedraza@unimilitar.edu.co; gerencia.calidad@unimilitar.edu.co



La U  
**acreditada**  
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN INTEGRAL AMBIENTAL  
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
JUNIO DE 2022**

## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

# ESTRATEGIAS PARA MITIGAR EMISIONES DE RUIDO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES VIALES EN CÚCUTA - PAMPLONA

## STRATEGIES TO MITIGATE THE EMISIONS OF NOISE ON THE CONSTRUCTION OF ROAD TUNNELS IN CÚCUTA - PAMPLONA

Liliana González Cardozo  
Administradora de Seguridad y Salud Ocupacional  
Bogotá, Colombia.  
est.liliana.gonzal1@unimilitar.edu.co

### RESUMEN

Colombia ha venido presentando un rezago significativo en lo referente al desarrollo de las vías terrestres nacionales. por ello, en los últimos años ha estado trabajando en el desarrollo y los procesos de construcción de vías de cuarta y quinta generación, con el fin de mejorar la conectividad entre regiones, impulsando la economía y generando empleo. Y así, ayudando a mejorar la calidad de vida de los colombianos; sin embargo, dentro de estos procesos se encuentra la construcción de túneles de carretera que, conlleva a la generación de fuentes de contaminación ambientales, por emisiones de ruido causado por los equipos y a la maquinaria requerida para llevar a cabo esta actividad. Para dar cumplimiento a la normatividad legal vigente, en materia de emisión de ruido y ruido ambiental y, como requisito para el inicio de la construcción, se tomó como línea base el Informe de Ruido Ambiental en el marco del estudio ambiental del proyecto “Corredor 4G Pamplona-Cúcuta” correspondiente a la unidad funcional No. 1 (UF-1), para identificar las áreas sensibles habitadas o colindantes a las fuentes generadoras de ruido en la zona de influencia del proyecto. Con este artículo se busca crear algunas estrategias que permitan reducir y mitigar los impactos negativos por estas emisiones en los trabajadores, en la comunidad aledaña y el medio ambiente.

**Palabras clave:** mitigar; emisiones; ruido; estrategias; construcción; túneles; vial; Cúcuta; Pamplona.

### ABSTRACT

Colombia has been stuck in the past, in terms of road network development around the country. That is why, the nation has decided to work and put all its effort on the construction and expansion of new roadways and highways, called “4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> generation road concessions”, to connect cities with municipalities. Also, increasing the economy of

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

the departments by creating new and more jobs for the Colombian people. However, in some cases, the constructions of the roadways must go through mountains to connect regions, so this request to build tunnels. The problem here is that the tunnels are sources of noising contamination emissions because of machinery and the equipment used in this type of activities. In the direction of apply the policies and regulations of noise emissions and environmental noise, and as a request to start the construction phase, it has been decided to choose the Environmental Noise plan of the project “Corredor 4G Pamplona-Cúcuta” particularly at the functional unit (FU-1), to identify the sensitive areas near inhabited zones to the environmental noise sources of the project. This article try to find and create some new strategies that allow to reduce and mitigate the negative impacts of environmental noise emissions in the habitants, workers, wildlife, and environment in general.

**Keywords:** mitigate; emissions; noise; strategies; construction; tunnels; road, Cúcuta; Pamplona.

### **INTRODUCCIÓN**

Colombia presenta un rezago significativo en lo referente al desarrollo de las vías terrestres nacionales, cuyo progreso a lo largo de la historia se ha dado a través de cuatro generaciones diferentes, cada una con sus características propias, errores y aciertos que se han tratado de perfeccionar con el pasar de los años (Rojas DM, 2016), no obstante Colombia, buscando el bienestar de su habitantes ha venido trabajando en el mejoramiento de la estructura vial a nivel municipal, departamental y nacional y para ello ha enfocado sus esfuerzos en la construcción de proyectos de gran impacto para el país a través de la construcción de las vías de cuarta generación (4G), a través de diferentes concesionarias a las que se les ha adjudicado los procesos de construcción, rehabilitación, mejoramiento, y conservación de dichas vías.

En los últimos años se ha venido trabajando en los procesos de construcción de vías de cuarta y quinta generación a nivel mundial con el fin de mejorar la conectividad entre regiones, permitiendo de esta manera impulsar la economía y generación de empleo, ayudado a mejorar así la calidad de vida no solo del talento humano que hace

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

parte del proyecto, sino que además ayuda a las comunidades en las diferentes zonas de influencia.

Los procesos constructivos de infraestructura vial siguen siendo una fuente generadora de contaminación ambiental por emisiones de ruido debido a los equipos y a la maquinaria requerida para llevar a cabo las diversas actividades, para la construcción de un túnel es necesario conocer a detalle el terreno en el que se va a excavar, tanto a nivel geológico como geotécnico, esto nos permite identificar cuál es la maquinaria y los métodos de excavación y sostenimiento (Transporte, 2019), requeridos durante el proceso de construcción sin dejar de lado los procesos de voladuras con explosivos.

De acuerdo a los requerimientos establecidos por el Instituto Nacional de Vías, los constructores deberán realizar los estudios de impacto ambiental o planes de manejo ambiental exigido por la autoridad ambiental competente (Invias, 2012), sin dejar de lado lo referente a la seguridad y salud en el trabajo, dentro de los requerimientos establecidos tanto por la legislación nacional como por la entidad contratante donde se indica que se deben realizar estudios a través de mediciones ambientales de acuerdo a la norma nacional de emisiones de ruido y ruido ambiental (Ministerio de Ambiente, 2006).

Con el fin de identificar cuáles son los valores de referencia y compararlos con los valores obtenidos antes del inicio de la ejecución del proyecto, adicional se deben continuar realizando monitoreos y seguimiento a las emisiones generadas en los procesos constructivos, con fin de generar los controles necesarios en la fuente para mitigar las posibles afectaciones al medio ambiente y a la salud de los habitantes de las

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

comunidades aledañas y de los trabajadores que desarrollan su actividad dentro del proyecto.

Para ello desde el área de Seguridad de Salud en el Trabajo, es indispensable contar con una matriz de identificación de peligros valoración de riesgo y generación de controles de acuerdo a las actividades realizadas en el proyecto, con el fin de dar alcance a personal directo, contratistas, proveedores y demás partes interesadas, para prevenir la ocurrencia de posibles accidentes generados por la actividad desarrollada, de acuerdo a lo establecido en Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ministerio de Trabajo, 2015).

Es recomendable elaborar esta matriz a través de la Guía Técnica Colombiana para la Identificación de los Peligros y la Valoración de los Riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional (ICONTEC, 2012), la cual define las pautas o parámetros para identificar los posible peligros y a su vez evitar la materialización de estos, sin embargo es responsabilidad del contratante generar planes de acción que van desde las charlas diarias, capacitaciones y formaciones, creación de estándares y procedimientos, realización mediciones higiénicas ambientales, concientización del auto cuidado y prevención en cada uno de sus colaboradores y trabajando para el cuidado y bienestar de la comunidad cercana a la construcción del túnel.

Teniendo en cuenta que, en la zona entre la ciudad de Cúcuta y el municipio de Pamplona Norte de Santander, se está realizando la construcción de una vía de cuarta generación (4G) puede alterar de manera significativa la estructura social, económica y ambiental de la región debido no solo a los procesos constructivos utilizados sino la

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

actividad en general, lo que se busca a través de esta construcción es generar competitividad y conectividad en el departamento y el resto del país.

Una de las problemáticas es el aumento en los niveles de presión sonora generadas en áreas sensibles de influencia al proyecto debido a que durante el proceso de la construcción de los túneles de carretera se trabajara con voladuras utilizadas para la excavación subterránea del túnel, lo que conlleva al uso de explosivos como sustancias químicas para los procesos de excavación subterránea; así mismo el uso de plantas eléctricas y equipos para la excavación ayudaran al incremento de las emisiones sonoras debido a que estas plantas pueden tener tecnologías deficientes que incrementan el ruido a la hora de ser utilizadas, creando efectos como el deterioro de las estructuras en las viviendas aledañas por efecto de las vibraciones.

Es importante tener en cuenta que también puede afectar la tranquilidad, el confort, generando estrés, sin dejar de lado que la a exposición a sonidos fuertes provoca pérdida temporal de la audición o tinnitus (OMS O. M., 2022). Cabe resaltar que el estrés es una respuesta a uno o más riesgos psicosociales y puede tener consecuencias para la salud mental y física y el bienestar de una persona (OIT, 2016). Según investigaciones la exposición al ruido puede generar alteraciones conductuales, como la memoria asociativa del miedo y la memoria de habituación, la actividad exploratoria y el comportamiento relacionado a la ansiedad (Molina, 2018).

Dentro de los objetivos que se desarrollaron en esta investigación está la de proponer estrategias para la disminución en los niveles de presión sonora – ruido, generadas por maquinaria, equipos y vehículos en áreas sensibles de influencia entre la ciudad de Cúcuta y el municipio de Pamplona por la construcción del túnel de

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

carretera, así como la identificación de las necesidades psicosociales de la comunidad de influencia para mejorar el estrés generado por las emisiones de presión sonora y también se definirán campañas de bienestar de los habitantes de la zona de influencia o la construcción del túnel de carretera.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para el desarrollo de la investigación que dio como resultado final el artículo “Estrategias para mitigar el ruido en la construcción del túnel del proyecto de Cúcuta – Pamplona”, se realizó a través de revisión bibliográfica de documentos técnicos, marco normativo legal colombiano aplicable a mediciones de ruido y ruido ambiental, Seguridad y Salud en el Trabajo, estudios de informes técnicos ambientales y resultados de estos, así como procesos constructivos para la construcción de infraestructura vial, y otros artículos relacionados.

Para esta investigación se tuvo en cuenta la normatividad legal vigente en Colombia, de acuerdo con lo estipulado en la Ley 99 de 1993 se determina las normas sobre medio ambiente a las que se sujetaran los centros urbanos, asentamientos humanos y las actividades de carácter mineras, industriales, con el fin de regular, controlar y reducir las contaminaciones geosférica, hídrica, del paisaje, sonora y atmosférica, en todo el territorio nacional (Departamento Administrativo y Función Pública, 1993).

También se tuvo en cuenta lo reglamentado en la resolución 8321 de 1983 la cual busca controlar las alteraciones y pérdidas auditivas ocasionadas por las emisiones de ruido en la población y para ello se establecen los niveles máximos de ruido permisibles (Ministerio de Salud, 1983), esta norma también indica que los

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

propietarios o responsables de las fuentes emisoras de ruido, para este caso la constructora responsable de la construcción del túnel de carretera, debe evitar la generación del ruido que pueda afectar el bienestar y la salud de los habitantes en las zonas aledañas y de los trabajadores que haya contratado para cumplir con esta actividad.

Adicional a las normas anteriormente mencionadas mediante la resolución 832 del 2000 se creó el sistema de clasificación empresarial por el impacto sonoro sobre el componente atmosférico, denominado “Unidades de Contaminación por Ruido (UCR), el cuál clasifica el nivel de intensidad sonora de una fuente industrial fija como alto, medio o bajo impacto según los estándares máximos permitidos, tiene en cuenta los niveles de presión sonora que genere la fuente, horario de funcionamiento, ubicación entre otros factores (Ministerio Ambiente V. y., 2000).

Para esta investigación se tuvo en cuenta tres de los siete tipos de ruidos referenciados según el Anexo 1 correspondiente a las definiciones de la resolución 627 de 2006 y que se pueden presentar en la construcción de la estructura de túnel de carretera de la ciudad de Cúcuta Pamplona, entre los cuales encontramos el ruido de baja frecuencia; que posee intervalo de frecuencias de 8 a 100 Hz, típico de las plantas de energía y que son difíciles de amortiguar, porque se extiende a varias direcciones y a grandes distancias.

Otro de los tipos de ruido que se puede encontrar es el impulsivo, que presenta variaciones rápidas de presión sonora en intervalos mínimos de tiempo, es breve y abrupto, por ejemplo, las troqueladoras, también se puede encontrar el ruido tonal que es claramente audible, ya que generalmente las fuentes emisoras son máquinas

## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

con partes rotativas, tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, generando desequilibrios o impactos repetidos que causan vibraciones que, transmitidas a través de las superficies al aire, pueden ser oídas como tono (Ministerio de Ambiente, 2006).

A continuación, se relacionan las fuentes generadoras de ruido y los tipos de fuente tanto natural como antrópicas.

**Tabla 1**

*Principales fuentes generadoras de ruido*

Fuente generadora	Tipo de fuente
Natural	Viento, sonido del mar, murmullo del agua, cascadas, entre otras.
	Tráfico vehicular: pitos, alarmas, sirenas.
	Transporte: Aviones, trenes, barcos.
Antropogénica	Industria.
	Actividades domésticas.
	Discotecas, bares, espectáculos públicos y locales de esparcimiento.
	Actividades militares.

*Fuente: Informe de ruido ambiental – Corredor 4G Pamplona – Cúcuta 2018*

Teniendo en cuenta la información anterior se tomó como base inicial los resultados obtenidos en el Informe de Ruido Ambiental en el marco del estudio ambiental del proyecto “Corredor 4G Pamplona-Cúcuta” correspondiente a la unidad funcional No. 1 (UF-1) (AECOM, 2018), con el cual se buscaba identificar las áreas sensibles habitadas o colindantes a las fuentes generadoras de ruido en la zona de influencia del proyecto e identificar cuáles eran los valores emitidos por presión sonora y de esta manera utilizarlos para realizar un diagnóstico del ruido presente en la zona de acuerdo a los valores de la tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A).

## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

Se relaciona los estándares máximos permisibles de emisión de ruido teniendo en cuenta que este estudio aplica a los sectores C, Ruido Intermedio Restringido y sector D, Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado (Ministerio de Ambiente, 2006).

**Tabla 2**

*Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)*

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido	
		Día	Noche
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.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.	55	45

*Nota: Datos tomados de la Resolución 627 del 07 de abril de 2006, Emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.*

Las mediciones ambientales ejecutadas por el Consorcio AECOM al proyecto de Cúcuta - Pamplona en la construcción del túnel de carretera se llevó a cabo siguiendo los Capítulos II procedimiento de mediciones para ruido ambiental y capítulo III procedimiento para la determinación del número de puntos y de los tiempos de medición para ruido ambiental del Anexo 3 de la Resolución 627 de 2006, para estas mediciones se tuvieron en cuenta tres puntos de ruido a una altura de cuatro metros, donde cada punto de ruido debe tener una posición orientada del micrófono hacia el norte, sur, este, oeste y vertical, adicionalmente el horario utilizado fue diurno y nocturno y en jornada hábil y no hábil.

## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

A continuación, se relacionan los parámetros utilizados en la recolección de información:

**Tabla 3**

*Datos Generales de la Medición.*

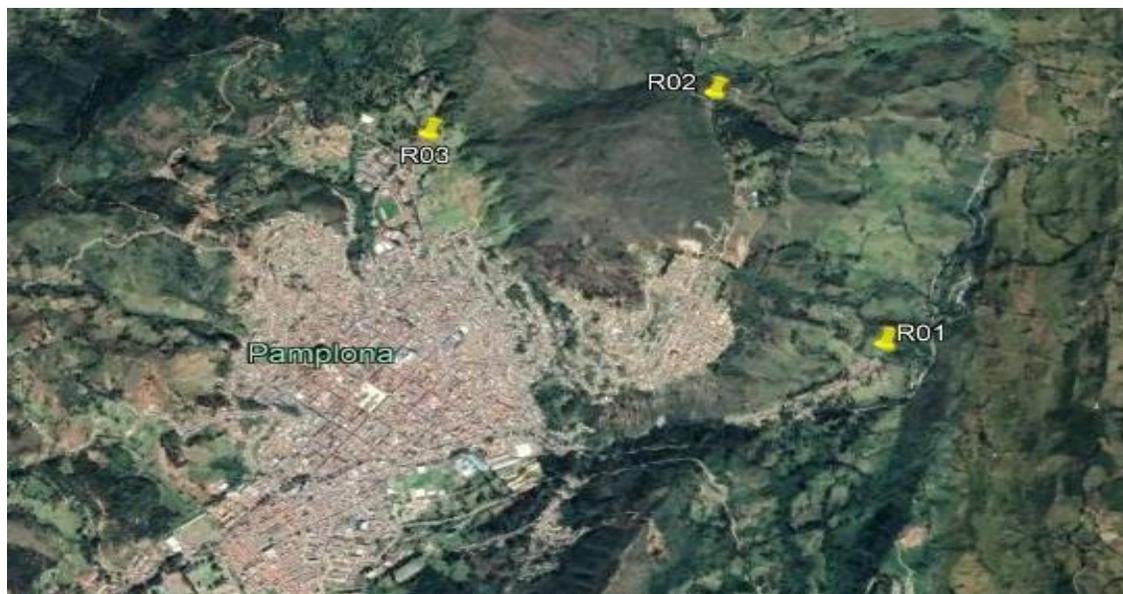
Parámetros del estudio	
# Loc Quest	El número de archivo en la memoria del sonómetro QUEST
L1 (Leq), dBA	Nivel continuo equivalente de ruido en el periodo de medición (resultado de la medición)
Lmax, dBA	Máximo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.
Lmin. dBA	Mínimo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.
L10.dBA	Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de medición.
L90.dBA	Nivel Sonoro que se sobrepasa 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, cumpliendo así con los horarios establecidos en la normatividad.

*Nota: Informe de ruido ambiental – Corredor 4G Pamplona – Cúcuta 2018*

La ubicación de los tres puntos para el monitoreo de ruido ambiental se evidencia en la imagen que se relaciona a continuación.

**Figura 1**

*Ubicación de los puntos de ruido ambiental.*



## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

*Nota: Informe de ruido ambiental – Corredor 4G Pamplona – Cúcuta 2018*

Los resultados obtenidos durante las mediciones realizadas en las cercanías del proyecto Cúcuta - Pamplona dieron como resultado lo siguiente teniendo en cuenta los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A) de la tabla 2 de este artículo:

Para el sector C las mediciones realizadas en el punto R01 Fueron comparadas con los estándares máximos permisibles fijados para este sector debido a la cercanía con la vía nacional y para el sector D las mediciones realizadas en los puntos R02 y R03 fueron comparados con los estándares máximos permisibles establecidos para este sector debido a la cercanía con viviendas y zonas rurales (AECOM, 2018), como se puede evidenciar en la figura 1 Ubicación de los puntos de ruido ambiental.

### **Mediciones para el horario diurno hábil**

Dentro de los resultados obtenidos se puede evidenciar que para el horario diurno hábil en la zona C, se obtuvo a nivel normativo, 70,3 dBA, siendo más bajo que lo establecido por el estándar máximo permisible que para este sector y horario es de 80 dBA. La fuente de ruido está relacionada con el tráfico de vehículos que transitan por la vía aledaña (principalmente automóviles, motos y camiones); y el ruido de las viviendas aledañas tuvo incidencia en las mediciones efectuadas.

En cuanto a la zona D, para los dos puntos se registraron valores por debajo de los 55 dBA. La medición correspondiente al punto R02 fue de 54,8 dBA, mientras que para el punto R03 el valor respectivo fue de 53,7 dBA. Las fuentes de ruido a estos

## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

puntos son tránsito de vehículos, la fauna local (animales silvestres y algunos animales domésticos), y el ruido proveniente de las viviendas adyacentes (AECOM, 2018).

**Tabla 4**

*Descripción de los puntos de monitoreo en el horario diurno hábil.*

Descripción del punto	Límite normativo dBA	Resultado de la medición
R01	80,0	70,3
R02	55,0	54,8
R03	55,0	53,7

*Nota: Elaboración propia tomada del Informe de ruido ambiental – Corredor 4G Pamplona – Cúcuta 2018*

### Mediciones para el horario nocturno hábil

Ahora bien, para el horario nocturno los resultados obtenidos en la zona D, para los puntos R02 es de 81,0 dBA, mientras que para el punto R03 fue de 56,6 dBA superando el límite máximo permitido por la normativa para este horario, en estos puntos las fuentes generadoras de ruido son el tráfico vehicular, los animales que habitan en las zonas junto con las actividades que realizan las personas en las viviendas cercanas (AECOM, 2018).

**Tabla 5**

*Descripción de los puntos de monitoreo en el horario nocturno hábil.*

Descripción del punto	Límite normativo dBA	Resultado de la medición
R01	70,0	84,5
R02	45,0	81,0
R03	45,0	56,0

*Nota: Elaboración propia tomada del Informe de ruido ambiental – Corredor 4G Pamplona – Cúcuta 2018*

### Horario diurno no hábil

Para el horario diurno no hábil, los resultados obtenidos en la zona C, en el punto R01 el nivel obtenido fue de 71,7 dBA, siendo más bajo que los 80 dBA

## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

reglamentados como límite máximo permisible, dentro de las fuentes de ruido se encuentra el tráfico de carros que circulan por la vía, ara la zona D, los valores obtenidos en el punto R02 es de 60,0 dBA y para el punto R03 corresponde a 56,0 superando así los valores máximos permisibles (AECOM, 2018).

**Tabla 6**

*Descripción de los puntos de monitoreo en el horario diurno no hábil.*

Descripción del punto	Límite normativo dBA	Resultado de la medición
R01	80,0	71,1
R02	55,0	60,0
R03	55,0	56,0

*Nota: Elaboración propia tomada del Informe de ruido ambiental – Corredor 4G Pamplona – Cúcuta 2018.*

### Mediciones para el horario nocturno no hábil

Los niveles de ruido ambiental para los horarios nocturno no hábiles registrados en el Sector C, correspondientes al punto R01 obtuvo como resultado de la medición 73,9 dBA, superando el límite máximo permitido, en la zona D, el resultado de los puntos R02 y R03 fueron de 62,9 y 59,4 con valores superiores al límite respectivo, el cual es de 45,0 dBA (AECOM, 2018).

**Tabla 7**

*Descripción de los puntos de monitoreo en el horario nocturno no hábil.*

Descripción del punto	Límite normativo dBA	Resultado de la medición
R01	70,0	73,9
R02	45,0	62,9
R03	45,0	59,4

*Nota: Elaboración propia tomada del Informe de ruido ambiental – Corredor 4G Pamplona – Cúcuta 2018.*

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

Siguiendo con los factores generadores de ruido ambiental en la zona de referencia adicionales a los referenciados anteriormente en el Informe de Ruido Ambiental en el marco del estudio ambiental del proyecto “Corredor 4G Pamplona-Cúcuta” correspondiente a la unidad funcional No. 1 (UF-1), encontramos el proceso de perforación y voladura (método convencional), es un sistema ampliamente utilizado para la excavación de túneles en su etapa de construcción, requiere del empleo de sustancias explosivas en su proceso de cargue, cebado, secuencia, iniciación y disparo (Instituto Nacional de Vías, 2021).

Dentro de los métodos de uso de explosivos para la perforación y excavación de túneles es de gran importancia ajustarse a lo estipulado en Guía técnica de seguridad para el uso y manejo de explosivos en voladuras bajo tierra y a cielo abierto, la cual brindar orientaciones técnicas de prevención de los riesgos, basados en normas de seguridad conforme a los requisitos legales de la normatividad vigente, en cuanto a la identificación, adquisición, transporte, almacenamiento, manejo y empleo de los explosivos, así como los procedimientos que se deben seguir para su destrucción (Mintrabajo, 2019), en los diferentes procesos constructivos en los que se requieran ser utilizados por facilidad y economía.

Los avances tecnológicos en los procesos de excavación de túneles han permitido que los tiempos de las excavaciones se reduzcan en comparación a las técnicas utilizadas hace tan solo unas décadas (ANI, 2020), de esta manera los procesos productivos utilizados han sustituido las herramientas manuales por herramientas de motor y maquinaria, que han mejorado y facilitado las tareas, por el uso de equipos automatizados, haciendo que las programaciones en los

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

procesos de las voladuras y excavación se realice en menores tiempos, sin embargo, estas nuevas tecnologías han introducido nuevos riesgos tanto para los trabajadores como para las comunidades cercanas a la zona de influencia del proyecto.

Dentro de los métodos utilizados para las perforaciones son los martillos manuales los cuales funcionan con aire comprimido y su funcionamiento se basa en la percusión, adicional se cuentan con tuneladoras que consiste básicamente en un gran disco frontal de perforación de sección igual a la de la excavación, sobre el que se montan los útiles de corte y excavación del terreno y que pueden generar vibraciones (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo, s.f.), las cuales pueden causar daños y estructuras de la comunidad aledaña y posteriores reclamaciones. Junto con las producidas por las voladuras.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De acuerdo con las mediciones del Informe de Ruido Ambiental en el marco del estudio ambiental del proyecto “Corredor 4G Pamplona-Cúcuta” correspondiente a la unidad funcional No. 1 (UF-1) de los tres puntos de ruido, se puede concluir que las mediciones realizadas en el horario diurno hábil son las únicas que se encuentran dentro del rango del límite máximo permitido (dBA), para los horarios nocturno hábil, horario diurno no hábil y horario nocturno no hábil, las mediciones arrojan valores por encima de del rango del límite máximo permitido (dBA), lo que significa que estos valores no cumplen con la normativa vigente en Colombia.

Es de aclarar que estas mediciones de ruido ambiental son el resultado del estudio inicial o “Línea Base” que se requiere por parte de la autoridad ambiental y que hace parte de los requisitos para el inicio de las actividades de la construcción del túnel

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

de carretera en Cúcuta – Pamplona. Ahora bien, conociendo los resultados obtenidos de los diferentes puntos de medición de ruido en las cercanías del proyecto Cúcuta – Pamplona de la unidad funcional 1 (UF1) y sabiendo que en su mayoría no cumplen con los límites máximos permitidos (dBA) de acuerdo con la legislación se debe tener en cuenta otros factores agravantes a estas emisiones de ruido a partir del momento en que se empiece a ejecutar la etapa de construcción del túnel de carretera.

Dentro de estos factores se pueden encontrar los procesos constructivos que incluyen manejo de cargas explosivas y ejecución de voladuras, uso de equipos (plantas eléctricas), herramientas y maquinaria con tecnologías deficientes generadoras de emisiones de ruido que terminan agravando el nivel de contaminación ambiental por ruido en la zona lo que conlleva a la afectación no solo del personal operativo sino de la población aledaña a la ejecución de la obra.

Según el Decreto 2041 de 2014, el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales, define en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) las medidas y actividades, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia, y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad (Ministerio Ambiente D. S., 2014).

Dentro de las medidas de mitigación propuestas por la empresa constructora mediante el informe del estudio de impacto ambiental para la construcción de la doble calzada Pamplona Cúcuta, de la UF1 Variante Pamplona (Sacyr Ingeniería e

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

infraestructura, s.f.), se relacionan algunas estrategias de carácter general de cuidado y prevención:

- Se continuó realizando las mediciones de los niveles sonoros según la metodología establecida en la resolución 627 de 2006 estos monitoreos se realizaron con una periodicidad semestral.
- Se informó en la comunidad aledaña sobre el incremento de los niveles de presión sonora a raíz de la construcción del túnel de carretera.
- Los equipos utilizados durante la construcción de la UF1 debían estar en perfecto estado y funcionamiento para no generar aumento en los decibeles.
- Los equipos como taladros, martillos, neumáticos, compresores, plantas de generación de energía como motosierras, motobombas y piloteadoras que se encontraban cerca de las zonas residenciales y que superaran los 90 dBA, trabajaban en horarios de 7.00 a.m. a 7:00 p.m.
- Cuando se realizaban operación con maquinaria cerca de instituciones educativas se trabajaban dos horas continuas y se descansaba una.
- En caso de presentar inconformidad por parte de los centros educativos y la comunidad por el incremento de los niveles de presión sonora se instalaron barreras de fracturas de ruido convencionales para atenuar los niveles de ruido.
- El transporte de los explosivos era efectuado por personal capacitado, los elementos utilizados en las voladuras (explosivos y accesorios de voladura) se transportaban por separado.
- Los explosivos eran almacenados únicamente para 15 días de labores dentro

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

de las instalaciones de la obra los polvorines; en los lugares establecidos para tal fin y estos estaban debidamente señalizados.

- Cuando se requería trabajar con detonadores eléctricos se disponía en la zona de voladura una pica de cobre anclada al terreno coma de forma que los artilleros pudieran tocarla para evitar la descarga de electricidad estática por el detonador.

Dentro de las recomendaciones en temas de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) implementadas por la organización para el personal de obra se encontro las siguientes

- En la fase de construcción los trabajadores utilizaron los respectivos elementos de protección sonora tales como tapa oídos de inserción y de Copa con el fin de evitar afectación a la salud.
- Trabajos con explosivos se requería que los trabajadores estuvieran equipados con ropa ignífuga, calzado de seguridad antiestático, gafas de seguridad ropa de abrigo o impermeable, guantes de cuero, protector facial y protector auditivo de inserción o de copa.
- Cerca de las voladuras no se utilizaban teléfonos móviles a menos de cinco metros o se utilizaban emisoras con el fin de evitar cualquier tipo de radiofrecuencia.
- Se debía mantener una distancia segura de protección cuando se efectuaban los disparos con los detonadores eléctricos.
- El personal operativo y los equipos mecánicos sólo podrán retornar a la zona de voladura cuando es responsable de la actividad lo autorice.

## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

### CONCLUSIONES

Con el fin de prevenir los impactos significativos generados durante las etapas de construcción, se procede a dar otras recomendaciones:

- Delimitar la zona donde se realizarán los trabajos con voladuras e impedir el paso de maquinaria.
- Socialización de la matriz de identificación de peligros, valoración de riesgos y generación de controles a todo el personal del proyecto.
- Elaboración de análisis de trabajos seguros (ATS) para el personal involucrado en la actividad de voladuras con explosivos.
- Impedir el acceso a la zona de voladura al personal ajeno a las labores de manipulación de explosivos.
- Reducir al máximo el equipo de personal de carga, y nombrar a un responsable y supervisor.
- Realizar periódicamente los exámenes médicos ocupacionales al personal que labora en el proyecto.
- Revisión de los preoperacionales de los diferentes equipos, herramientas y maquinaria utilizada en dicha labor.
- Capacitación y formación al personal que realiza trabajos con explosivos

En cuanto al uso de plantas eléctricas generadoras de ruido utilizadas actualmente en diferentes proyectos de construcción, se recomienda implementar plantas de energía renovables no convencionales de acuerdo con lo estipulado en la Ley 2099 de 2021 por la cual se dictan otras disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

promoción de fuentes no convencionales de energía, la reactivación económica del país la cual en su artículo 10 hace referencia los beneficios que obtendrán las personas naturales o jurídicas que tengan proyectos con fuentes no convencionales de energía FNCE.

También se pueden incluir los equipos de medición inteligente, los cuales gozarán de cesación del pago de derechos arancelarios en la importación de maquinaria, equipos, materiales que contribuyen a la reinversión de dicho proyecto (Congreso de la República, 2021), lo que le traerá grandes beneficios no solo a la constructora sino adicional a la comunidad y al medio ambiente, debido a que las fuentes de ruido disminuirán mejorando la calidad de vida de las comunidades aledañas y al personal de la constructora.

En cuanto al uso de equipos y maquinaria requerida para construcción del túnel de carretera y siguiendo las indicaciones del manual de usuario del equipo emitido por el fabricante se podrá evaluar la opción de realizar un cambio en el diseño de ingeniería que permita disminuir las emisiones de ruido generadas por el equipo o la maquinaria sin poner en riesgo la seguridad del operador y del personal que se encuentre cerca, y se deberá dejar un registro de dicha modificación.

En cuanto a recomendaciones expresas para la comunidad está la evaluación auditiva y el examen del oído pueden realizarse en entornos clínicos y comunitarios. Herramientas como la aplicación hearWHO de la OMS y otras soluciones basadas en la tecnología (OMS O. m., 2021), permiten detectar el deterioro de audición, incluso con formación y recursos limitado, también se deben crear alianzas con entidades

## **EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

como IPS para adelantar campañas de autocuidado y prevención ante la exposición a fuentes de emisión de ruidos.

Otra de las recomendaciones que se pueden aplicar para comunidad es la de crear un perfil sociodemográfico para identificar el tipo de actividades que se deben manejar de acuerdo con edad, nivel educativo entre otras variables y de esta manera crear un cronograma de actividades que van desde charlas sobre inteligencia emocional que le permitirá conocer sus emociones y sentimientos, saber cómo manejarlos y adicional poder identificarlos en otras personas, otra de las capacitaciones propuestas son las de manejos del estrés las cuáles están relacionadas con el ejercicio ya sea caminar, montar en bicicleta, nadar o bailar ya que le permite al cerebro libera químicos que lo hacen sentir bien, le ayudara con la energía reprimida o su frustración.

Adicional se pueden implementar las técnicas de relajación las cuales sirven para disminuir la presión arterial y la frecuencia cardíaca, a través de respiraciones profundas, también se puede implementar espacios para la meditación concentrar su atención para ayudar a sentirse más relajado, uso de aromaterapia que le ayudara a practicar la meditación y puede ayudarlo a reaccionar de manera más calmada a sus emociones y pensamientos, practicar actividades como el yoga que combina una serie de movimientos y respiraciones que le ayudaran a la meditación.

Al llevar a cabo las recomendaciones propuestas por la organización y las propuestas por la autora del artículos Estrategias para mitigar emisiones de ruido en la construcción de túneles de carretera en Cúcuta – Pamplona se podrá mitigar la exposición a las diferentes fuentes de emisión de ruido generadas por la construcción del túnel de carretera en la ciudad de Cúcuta -Pamplona, mejorando la calidad de vida

## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

del personal de obra, comunidad aledaña y al medio ambiente, dando así cumplimiento a los objetivos propuestos al inicio de esta investigación.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AECOM, C. c. (febrero de 2018). *Informe de Ruido Ambiental en el marco del estudio ambiental del proyecto “Corredor 4G Pamplona-Cúcuta” correspondiente a la unidad funcional No. 1 (UF-1)*. Bogotá.
- ANI, A. N. (20 de junio de 2020). La construcción de túneles que transforma la infraestructura del país y conecta vidas. Bogotá, Colombia. <https://www.ani.gov.co/la-construccion-de-tuneles-que-transforma-la-infraestructura-del-pais-y-conecta-vidas>
- Congreso de la Republica. (10 de julio de 2021). Ley 2099 de 2021 por la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.
- Departamento Administrativo y Función Pública. (22 de diciembre de 1993). Ley 99 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.
- ICONTEC. (20 de junio de 2012). Guía para la Identificación de los Peligros y la Valoración de los Riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional. Bogota, Colombia.
- Instituto Nacional de Vías, I. (2021). *Manual para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de túneles de carretera para Colombia*. Bogotá. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/12239-manual-para-el-diseno-construccion-operacion-y-mantenimiento-de-tuneles-de-carretera-para-colombia-edicion-2021/file>
- Invias, I. N. (2012). *Invias Instituto Nacional de Vías*. <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/1988-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-y-normas-de-ensayo-para-materiales-de-carreteras>

## EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA

Ministerio Ambiente, D. S. (15 de octubre de 2014). Decreto 2041 de 2014 "por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales". Bogotá, Colombia.

Ministerio Ambiente, V. y. (24 de abril de 2000). Resolución 832 del 2000 Por lo cual se adopta el sistema de clasificación empresarial por el impacto sonoro sobre el componente atmosférico, denominado "Unidades de Contaminación por Ruido – UCR – ". Bogotá, Colombia. <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/1988-especificaciones-generales-de-construcción-de-carreteras-y-normas-de-ensayo-para-materiales-de-carreteras>.

Ministerio de Ambiente, V. y. (07 de abril de 2006). Resolución 627 de 2006 "por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental". Bogotá, Colombia.

Ministerio de Salud. (4 de agosto de 1983). Resolución 8321 de 1983 "por la cual se dictan normas sobre protección y conservación la audición de la salud y bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruido". Bogotá, Colombia.

Ministerio de Trabajo. (26 de mayo de 2015). Decreto 1072 de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo". Bogotá, Colombia.

Mintrabajo, M. d. (agosto de 2019). Guía técnica de seguridad para el uso de explosivos en voladuras bajo tierra y a cielo abierto. Bogota, Colombia.

Molina, S. J. (2018). *Alteraciones conductuales inducidas por la exposición al ruido ambiental durante distintas etapas del desarrollo. Mediadores bioquímicos involucrados y estrategias de neuroprotección*. Tesis doctorado, Universidad de Buenos Aires Facultad de Medicina, Buenos Aires. Obtenido de [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/80320/CONICET\\_Digital\\_Nro.c4172115-3be0-4ce1-bec6-105d2cb666a3\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/80320/CONICET_Digital_Nro.c4172115-3be0-4ce1-bec6-105d2cb666a3_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

OIT, O. I. (2016). *Riesgos psicosociales, estrés y violencia en el mundo del trabajo*. Ginebra. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---actrav/documents/publication/wcms\\_553931.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---actrav/documents/publication/wcms_553931.pdf)

OMS, O. m. (2021). Sordera y pérdida de la audición. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

OMS, O. M. (2 de marzo de 2022). La OMS publica una nueva norma para hacer frente a la creciente amenaza de la pérdida de audición. <https://www.who.int/es/news/item/02-03-2022-who-releases-new-standard-to-tackle-rising-threat-of-hearing-loss>

**EMISIONES DE RUIDO EN TÚNELES DE CARRETERA**

Rojas DM, R. (septiembre de 2016).  
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/14893>.  
<http://hdl.handle.net/10654/14893>

Sacyr Ingeniería e infraestructura. (s.f.). *Estudio de impacto ambiental para la construcción de la doble calzada Pamplona Cúcuta, de la UF1 - Variante Pamplona*. Bogotá.

trabajo, I. N. (s.f.). Seguridad en trabajos con tuneladoras (I). Barcelona, España.  
[http://www.prevencionintegral.com/sites/default/files/publicacion/field\\_publicacion\\_adjunto/ntp905.pdf](http://www.prevencionintegral.com/sites/default/files/publicacion/field_publicacion_adjunto/ntp905.pdf).

Transporte, M. d. (10 de octubre de 2019). 9 túneles con las Autopistas de 4G son una realidad: Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). Colombia.  
<https://mintransporte.gov.co/publicaciones/7805/19-tuneles-con-las-autopistas-de-4g-son-una-realidad-agencia-nacional-de-infraestructura-ani/>