

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO CORPONARIÑO  
SUBDIRECCIÓN DE CONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL**

**DOCUMENTO DE MEDICIONES DEL MAPA DE RUIDO ESTRATÉGICO DE LA  
CIUDAD DE PASTO**

**SAN JUAN DE PASTO 2024**

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, el crecimiento poblacional, industrial y el consumismo presentado a nivel mundial, ha traído como consecuencia innumerables impactos a diferentes recursos del medio ambiente, entre los que se encuentra, aire, suelo, agua, paisaje y demás. En este sentido, los gobiernos a nivel internacional, se han visto en la necesidad de emitir normas que ayuden a controlar y mitigar los impactos ocasionados, es así como en Colombia, a partir de la expedición de la Ley 99 de 1993, confirió funciones a las Autoridades Ambientales para el control y monitoreo de las actividades económicas que impliquen tramitar algún tipo de permiso o autorización ambiental para su funcionamiento.

Considerando lo anterior, CORPONARIÑO desde el procedimiento Permiso de emisiones atmosféricas con su línea de acción de “Evaluación de la Contaminación por ruido”, ha venido trabajando en pro de la mitigación de impactos por emisión de ruido y ruido ambiental en el departamento de Nariño, a través del seguimiento de la emisión de ruido a los proyectos debidamente legalizados ante esta entidad y el levantamiento de información relacionada con los niveles de presión sonora de las cabeceras municipales que tienen una población mayor de 100.000 habitantes, con el fin de emitir los mapas de ruido ambiental, los cuales se han venido presentando y socializando desde el año 2009.

## **GENERALIDADES**

Para llevar a cabo la elaboración del plan de descontaminación de ruido de la malla estratégica del municipio de Pasto, fue necesario realizar levantamiento de la información de campo, tanto de medición directa con el equipo apropiado (sonómetro) como de aforos vehiculares y reconocimiento de infraestructura.

## **OBJETIVO GENERAL**

Formular el Plan de Descontaminación de ruido del mapa estratégico de la Cabecera Municipal de Pasto, mediante la recopilación de la información de campo y modelación en el software CadnA.

### **Objetivos Específicos:**

Estudiar la emisión de ruido mediante la conformación de mallas estratégicas en el municipio de Pasto.

Efectuar caracterización de las diferentes mallas mediante aforos vehiculares y caracterización de infraestructura existente.

Planear escenarios de simulación como alternativa de descontaminación de ruido en las mallas definidas de las Cabecera Municipal de Pasto y generar Mapas estratégicos de descontaminación.

## MARCO TEÓRICO

### CONCEPTOS BÁSICOS

**Ancho de Vías:** En carreteras angostas y rodeadas de edificios se dice que ocurre un fenómeno llamado efecto cañón, en donde el ruido se propaga más fácilmente y puede llegar a aumentar 6 dB(A) por encima del promedio. (Laboratorio de Investigación de Carreteras 1980)

**Composición del Tráfico:** El tráfico de vehículos pesados incrementa en forma significativa ruido urbano. La diferencia que existe en el ruido emitido por autos y camiones se acentúa en las pendientes y paradas. (Laboratorio de Investigación de Carreteras 1980)

**Contaminación por Ruido:** “Cualquier emisión de sonido que afecte adversamente la salud o la seguridad de los seres humanos, la propiedad o el disfrute de la misma”. Decibel A, dB(A): Unidad de medida del nivel sonoro y con Ponderación frecuencial A”.

**Emisión de Ruido:** Presión sonora que, generada en condiciones, trasciende al medio ambiente o al espacio público

**Leq:** Nivel Sonoro Continuo Equivalente LAeq12: Nivel en dB(A) de un ruido constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado durante un período de tiempo T y su expresión matemática es:

**Mapas de Ruido:** Se entiende por mapa de ruido, la representación de los datos sobre una situación acústica existente pronosticada en función de un indicador de ruido, en la que se indica la superación de un valor límite, el número de personas afectadas en una zona dada y el número de viviendas, centros educativos y hospitales expuestos a determinados valores de ese indicador en dicha zona

**Período Diurno:** Período comprendido entre las 7:01 A.M. y las 21:00 horas

**Período Nocturno:** Período comprendido entre las 21:01 P.M. a las 7:00 horas

**Sonómetro:** Instrumento utilizado para medir los Niveles de Presión Sonora, con ponderación de Tiempo y de Frecuencia. (NTC 3428). Unidades de Medición del Nivel de Ruido: El Nivel de Ruido se expresa en Decibel, dB: el cual expresa la relación entre la Presión de un sonido cualquiera y la Presión de un sonido de referencia, en escala logarítmica.

## **FUENTES DE RUIDO**

El ruido es el contaminante más común, y puede definirse como cualquier sonido que sea calificado por quien lo recibe como algo molesto, indeseado, inoportuno o desagradable. Así, lo que es música para una persona, puede ser calificado como ruido para otra. En un sentido más amplio, ruido es todo sonido percibido no deseado por el receptor, y se define al sonido como todo agente físico que estimula el sentido del oído.

## **EFFECTOS DEL RUIDO EN LAS PERSONAS**

Entre los efectos fundamentales del Ruido se resaltan los siguientes:

- Efectos del Ruido sobre la audición
- Efectos Fisiológicos
- Efectos Psicológicos
- Efectos sobre el sueño
- Efectos sobre la conducta
- Efectos en la memoria
- Efectos en la atención
- Estrés
- Efectos en el embarazo
- Efectos sobre los niños

## **RUIDO AMBIENTAL**

El ruido ambiental constituye uno de los factores contaminantes que incide de manera directa en la salud, bienestar y calidad de vida de la población que se encuentra expuesta a las diversas fuentes de emisión de ruido ambiental. Entre las principales fuentes, se encuentra el tráfico de vehículos automotores y motocicletas, actividades industriales y de comercio en horario diurno y nocturno, actividades recreativas y de esparcimiento, construcción de edificaciones y obras civiles, cultos religiosos, entre otras que afectan el entorno ambiental en las áreas urbanas.

**MARCO LEGAL**

Con el propósito de garantizar un ambiente sano y minimizar los posibles riesgos sobre la salud, el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), expidió la Resolución 627 del 7 de abril de 2006, por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Así mismo, el artículo 23 de esta Resolución, establece: «... los mapas de ruido son utilizados como documento básico para conocer la realidad de ruido ambiental en la población y poder desarrollar planes, programas y proyectos preventivos, correctivos o de seguimiento. Igualmente, estos deben ser utilizados como soporte e insumo técnico en la elaboración, desarrollo y actualización de los planes de ordenamiento territorial».

**Cuadro 01.** Estándares Máximos Permisibles de Ruido Ambiental

Estado	Usos	Estándares Máximos Permisibles de Nivel de Ruido Ambiental (dB)	
		Día	Noche
Zonas Urbanas y Periurbanas	Residencia, educación, recreación, comercio, servicios, negocios	65	55
	Áreas industriales e instalaciones que generen contaminación acústica	75	65
Zonas de Uso Agrícola y Forestal	Áreas con usos agrícolas, ganadería, comercio, servicios, recreación, negocios	75	70
	Áreas con usos agrícolas ganaderos, como se debe considerar, comercio, recreación o actividades de tipo recreativo, turismo de aventura, comercio o servicios, zonas industriales, zonas de recreación, zonas de conservación.	75	65
	Áreas con usos agrícolas ganaderos	65	60
	Áreas con usos agrícolas ganaderos, como se debe considerar, comercio, recreación o actividades de tipo recreativo, turismo de aventura, comercio o servicios, zonas industriales, zonas de conservación, zonas de recreación, zonas de conservación.	60	55

Fuente: Resolución 0627 de 2006

## DETERMINACIÓN DE LA MALLA QUE CONFORMA EL MAPA ESTRATEGICO PARCIAL DE RUIDO DE PASTO

Para la vigencia 2024, se tuvo en cuenta los cambios estructurales, de flujo y movimiento que ha sufrido el casco urbano del municipio de Pasto, en los últimos años, por lo cual se decidió, para esta vigencia, enmarcar el área de estudio de ruido ambiental en un solo eje, ubicado en la zona céntrica de la ciudad. A continuación, se especifican los puntos priorizados y el cronograma de trabajo ejecutado.

**Cuadro 02.** Puntos priorizados

Punto	Malla	Fecha de Levantamiento de información	Responsables
Calle 19 Carrera 25	Eje peatonal zona centro	26 de mayo y 17 de julio de 2024 entre las 6.30 A.M. y 2:00 P.M.	CORPONARIÑO
Calle 19 Carrera 24			
Calle 19 Carrera 23			
Calle 19 Carrera 22			
Calle 19 Carrera 21 A			

## **METODOLOGIA DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DEL MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO AMBIENTAL DEL MUNICIPIO DE PASTO**

A continuación, se describe la metodología empleada para la elaboración del mapa estratégico de ruido ambiental nocturno, siguiendo el protocolo establecido por la Resolución 627 de 2006 del MADS.

### **Determinación de puntos críticos.**

Como se mencionó con anterioridad, para la elaboración del mapa estratégico del Municipio de Pasto, se tuvo en cuenta los cambios estructurales, de flujo y movimiento que ha sufrido el casco urbano en los últimos años, centrándose principalmente en el eje peatonal del Centro Histórico.

### **Definición de Cronograma de Trabajo**

Una vez definidos los puntos, se acordó llevar a cabo 4 jornadas de medición, cada una de 15 minutos, y de esta manera obtener una muestra compuesta y variada de una hora, tal y como lo establece la norma.

### **Medición de ruido ambiental**

- El equipo utilizado fue un sonómetro digital Integrado marca Casella Cel 490, Tipo I, serie N°478347, micrófono Cel 495, serie N°000752 cuenta con un calibrador Casella Cel 110/1 serial N°388728, el cual permite el ajuste del equipo en campo (114.0 dB).
- La determinación de los niveles de presión sonora se realizó en decibeles corregidos por frecuencia conforme a la curva de ponderación normalizada tipo A dB (A).
- Las mediciones se realizaron en tercios de octava y respuesta de medición lenta (S).
- El tiempo de medición fue de 15 minutos continuos por punto.
- La altura de medición fue a 4 metros a partir del nivel del piso.
- Las mediciones se realizaron en horario diurno en hora pico y hora valle, tanto en día festivo como en día normal.
- El micrófono siempre se protegió con pantalla anti viento.

- El micrófono se ubicó en dirección de las fuentes generadoras de ruido, sobre estructuras como andenes, glorietas y separadores.
- Las mediciones se realizaron en un día seco sin presencia de lluvia o llovizna.
- Adicionalmente se realizaron aforos vehiculares en cada punto con el fin de contabilizar la cantidad de vehículos por tipo que transitan en este horario, así como la velocidad de tránsito ejercida.

**REGISTRO FOTOGRAFICO TRABAJO EN CAMPO MAPA ESTRATEGICO PASTO**





Aforo Pasto Día Normal



**Aforo Pasto**

## RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Siguiendo el protocolo de medición de ruido ambiental nocturno establecido en la Resolución 627 de 2006, se realizaron los ajustes tonales KT para cada punto medido, de los que se habla en el Anexo 2 de la resolución anteriormente citada, para lo cual se siguió con el siguiente procedimiento:

Se descargaron las mediciones realizadas en el software propio del equipo, el cual permite leer los histogramas de cada medición y con ello poder reconocer si se presentan componentes tonales que influyan en la medición.

Una vez se reconocen los componentes tonales a corregir en cada medición se procede aplicar los conceptos técnicos dispuestos en la norma, los cuales indican lo siguiente:

La corrección de nivel KT toma en consideración los componentes tonales del ruido en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes estos tonos.

- Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).
- Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).
- Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 20 a 125 Hz:  
Si  $L < 8$  dB(A), no hay componentes tonales.  
Si  $8$  dB(A)  $L$   $12$  dB(A), hay componente tonal neto.  
Si  $L > 12$  dB(A), hay componente tonal fuerte.

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 160 a 400 Hz:

Si  $L < 5$  dB(A), no hay componentes tonales.  
Si  $5$  dB(A)  $L$   $8$  dB(A), hay componente tonal neto.  
Si  $L > 8$  dB(A), hay componente tonal fuerte.

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales a partir de 500 Hz:

Si  $L < 3$  dB(A), no hay componentes tonales.  
Si  $3$  dB(A)  $L$   $5$  dB(A), hay componente tonal neto.  
Si  $L > 5$  dB(A), hay componente tonal fuerte.

Considerando los ajustes tonales realizados se presentan a continuación los componentes tonales encontrados:

**Cuadro 03. Ajustes por tono a las mediciones realizadas.**

CORRECCION DE COMPONENTES TONALES Kt										
PUNTO	PARAMETRO	BANDA (Hz)	L <sub>s1</sub> (dB)	L <sub>s2</sub> (dB)	L <sub>s</sub> (dB)	L <sub>t</sub> (dB)	L (dB)	Kt	Leq Medicion	Leq Corregido
Calle 19 Cra 25 Valle Dia Normal									66,9	66,9
Calle 19 Cra 24 Valle Dia Normal	Leq	2k5 Hz -4k Hz (3k2 Hz)	54,7	49,6	52,8591945	57,5	4,64080547	3	66,7	69,7
		125 Hz -200 Hz (160 Hz)	48,8	48,6	48,7011512	48,8	0,09884881	0		
Calle 19 Cra 23 Valle Dia Normal	Leq	1K2 Hz - 2K Hz (1K6 Hz)	54	54,8	54,4183947	55	0,5816053	0	66,5	66,5
		125 Hz - 200 Hz (160 Hz)	48,8	48,6	48,7011512	49,1	0,39884881	0		
Calle 19 Cra 22 Valle Dia Normal									61,9	61,9
Calle 19 Cra 21 a Valle Dia Normal	Leq	2k Hz -3K2 Hz (2k5 Hz)	51,1	51,8	51,4640881	52,3	0,83591191	0	63,7	63,7
		1K2 -2K (1K6 Hz)	53,3	51,1	52,3378419	55,1	2,76215809	0		
Calle 19 Cra 25 Pico Dia Normal									60,4	60,4
Calle 19 Cra 24 Pico Dia Normal	Leq	1 k Hz -1K6 Hz (1K2 Hz)	55,1	51,9	53,7882954	58,5	4,71170455	3	64,1	67,1
		500 Hz -800 Hz (630 Hz)	45,6	45,7	45,6502878	46,2	0,54971218	0		
Calle 19 Cra 23 Pico Dia Normal									56,9	56,9
Calle 19 Cra 22 Pico Dia Normal									62	62
Calle 19 Cra 21 a Pico Dia Normal	Leq	500 Hz -800 Hz (630 Hz)	49,3	49,9	49,6103534	50,5	0,8896466	0	62,2	62,2
		100 Hz - 160 Hz (125 Hz)	42,1	43	42,5732721	45	2,42672792	0		
Calle 19 Cra 25 Valle Dia Festivo									61,8	61,8
Calle 19 Cra 24 Valle Dia Festivo									58	58
Calle 19 Cra 23 Valle Dia Festivo									55,1	55,1
Calle 19 Cra 22 Valle Dia Festivo									59,4	59,4
Calle 19 Cra 21a Valle Dia Festivo									55	55
Calle 19 Cra 25 Pico Dia Festivo	Leq	800 - 1K2 (1k Hz)	49,4	50,6	50,0413154	51	0,95868465	0	64,6	64,6
		100 Hz -160 Hz (125 Hz)	42,7	44,7	43,8141261	45,8	1,98587393	0		
		125 Hz - 200 (160 Hz)	43	44,9	44,0530859	45,2	1,14691405	0		
Calle 19 Cra 24 Pico Dia Festivo	Leq	250 Hz -400 (315 Hz)	45,9	45,9	45,9	47,1	1,2	0	63,8	63,8
		500 Hz - 800 Hz (630 Hz)	52,9	51,5	52,2561708	53,1	0,84382925	0		
		100 Hz - 160 Hz (125 Hz)	41,1	42,7	41,9732698	43,7	1,72673025	0		
Calle 19 Cra 23 Pico Dia Festivo	Leq	200 Hz -315 Hz (250 Hz)	41,4	44,5	43,220918	45,2	1,979082	0	59,2	59,2
		400 Hz - 630 Hz (500 Hz)	46,3	47,6	46,9984616	48,5	1,50153841	0		
Calle 19 Cra 22 Pico Dia Festivo	Leq	125 Hz - 200 Hz (160 Hz)	45,1	45,9	45,5183947	46,1	0,5816053	0	62,4	62,4
		800 Hz - 1K2 Hz (1K Hz)	54,1	54,5	54,3046035	55,4	1,09539646	0		
Calle 19 Cra 21a Pico Dia Festivo	Leq	630 - 1K (800 Hz)	53,2	54,3	53,7847339	56,3	2,5152661	0	62,4	68,4
		4K Hz -6k3 Hz (5 kHz)	44,1	31,6	41,327302	51,3	9,97269798	6		
		6K3 - 10K (8K Hz)	6,4	6,6	6,50115119	7,1	0,59884881	0		

Fuente. Este Estudio 2024.

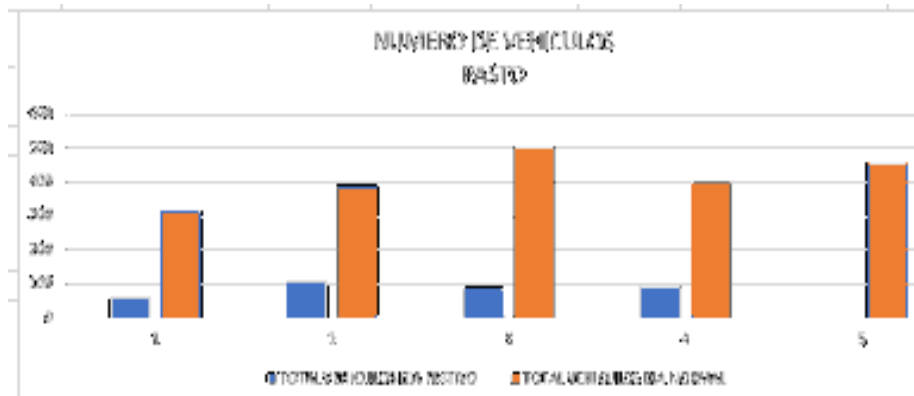
De igual manera, a continuación, se muestran los resultados de los aforos vehiculares realizados en cada punto, en los que se contabilizó la cantidad de vehículos por tipo (livianos, motos y pesados) y la velocidad con la que transitaron; dicha velocidad fue calculada a partir de la medición del tiempo que tarda un vehículo de muestra en transitar 100 m aproximadamente que es la medida estándar de una cuadra en el municipio de Pasto.

**Cuadro 04. Resultados de Aforos.**

	DIA FESTIVO PASTO				DIA NORMAL PASTO			
	TOTAL VEHICULOS	% PISASUJOS	VELOCIDAD PROMEDIO KM/H		TOTAL VEHICULOS	% PISASUJOS	VEL PROM KM/H	
			LIVIANOS	PESADOS			LIVIANOS	PESADOS
1 Calle 19 Cra 25 Sebastian de belalcazar	50	1,785714286	24,21754725	0,408195091	370	2,42265096	17,0718479	15,9822584
2 Calle 19 Cra 24 Gobernacion	106	0,943395226	20,85137753	12,18583527	482	1,97963506	17,8541653	16,8157045
3 Calle 19 Cra 23 Notaria 4	80	0	22,84128092	4,594707071	588	0,39540697	18,3041375	12,0234134
4 Calle 19 Cra 22 U. Nariño	92	3,20080505	21,85130080	14,2072007	484	0,24584419	17,7328412	16,9820053
5 Banco de la Republica	0	0	0	0	456	9,04812281	6,83255184	13,4890792

Fuente. Este Estudio 2024.

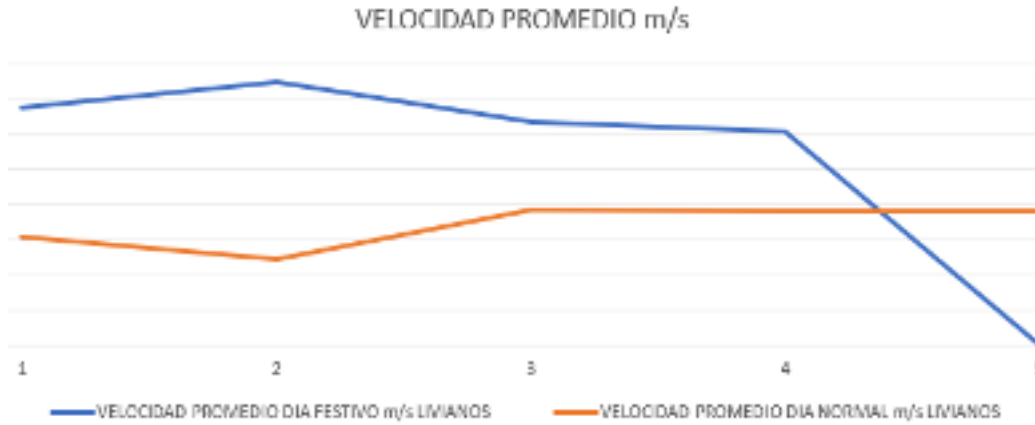
**Grafica 01. Cantidad de Vehículos Aforados**



Fuente. Este Estudio 2024.

Como se logra apreciar en la gráfica anterior, el punto que representa mayor flujo vehicular en un día normal, es el punto de la Calle 19 Carrera 23, alcanzando un total de vehículos de 502 en 30 minutos; y en un día festivo, a pesar de que el comportamiento en todos los puntos es muy similar, el punto que aporta más fuentes móviles es el punto de la Calle 19 con Carrera 24, con un total de 106 vehículos en media hora de medición, lo cual demuestra que las fuentes móviles realizan un aporte considerable en la emisión de ruido ambiental. Es necesario aclarar que el día festivo, se realiza jornadas de ciclovías en los puntos de medición, por lo cual en el horario de medición se puede encontrar el nulo flujo vehicular.

**Grafica 02.** Velocidad promedio de vehículos aforados.



Fuente. Este Estudio 2024.

De igual manera, en referencia a la velocidad promedio de tránsito, según los aforos realizados, se evidencia que el tránsito en un día normal es mucho más lento que en un día festivo, con una velocidad promedio de 3.3 m/s y 5.3 m/s respectivamente. Cabe aclarar que, el tránsito en todos los puntos se realiza sobre un solo eje, considerando que el tránsito en el eje horizontal es solo peatonal.

Ahora bien, el objetivo de los aforos vehiculares es alimentar el software CadnA, el cual necesita de esta información para poder modelar las curvas isofónicas en los puntos de interés, además de datos de la geometría de la infraestructura existente en el área de estudio.

### Resultados de medición de ruido ambiental

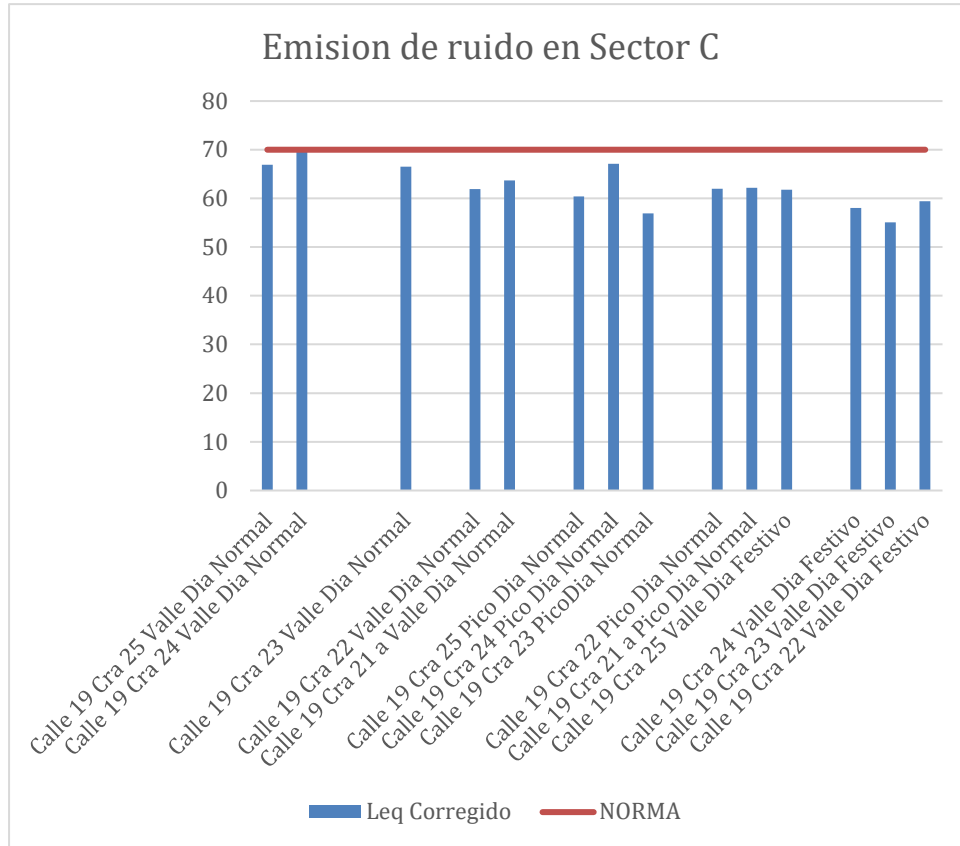
Una vez detallado el proceso de levantamiento de información en campo llevado a cabo, a continuación, se presentan los resultados de ruido ambiental medidos y arrojados por el sonómetro empleado para esta actividad, del cual fue suministrado su información técnica anteriormente.

**Cuadro 05. Resultados de Medición de Ruido Ambiental**

CORRECCION DE COMPONENTES TONALES Kt						
PUNTO	Leq Medicion	Leq Corregido	SECTOR	SUBSECTOR	ESTANDAR MAXIMO PERMITIDO DE DIA	CUMPLIMIENTO NORMATIVO
	Calle 19 Cra 25 Valle Dia Normal				66,9	
Calle 19 Cra 24 Valle Dia Normal	66,7	69,7				C
Calle 19 Cra 23 Valle Dia Normal	66,5	66,5				C
Calle 19 Cra 22 Valle Dia Normal	61,9	61,9				C
Calle 19 Cra 21 a Valle Dia Normal	63,7	63,7				C
Calle 19 Cra 25 Pico Dia Normal	60,4	60,4				C
Calle 19 Cra 24 Pico Dia Normal	64,1	67,1				C
Calle 19 Cra 23 PicoDia Normal	56,9	56,9				C
Calle 19 Cra 22 Pico Dia Normal	62	62				C
Calle 19 Cra 21 a Pico Dia Normal	62,2	62,2				C
Calle 19 Cra 25 Valle Dia Festivo	61,8	61,8	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	C
Calle 19 Cra 24 Valle Dia Festivo	58	58				C
Calle 19 Cra 23 Valle Dia Festivo	55,1	55,1				C
Calle 19 Cra 22 Valle Dia Festivo	59,4	59,4				C
Calle 19 Cra 21a Valle Dia Festivo	55	55				C
Calle 19 Cra 25 Pico Dia Festivo	64,6	64,6				C
Calle 19 Cra 24 Pico Dia Festivo	63,8	63,8				C
Calle 19 Cra 23 Pico Dia Festivo	59,2	59,2				C
Calle 19 Cra 22 Pico Dia Festivo	62,4	62,4				C
Calle 19 Cra 21a Pico Dia Festivo	62,4	68,4				C

Fuente. Este Estudio 2024.

**Gráfica 03. Emisión de ruido en Sector C**

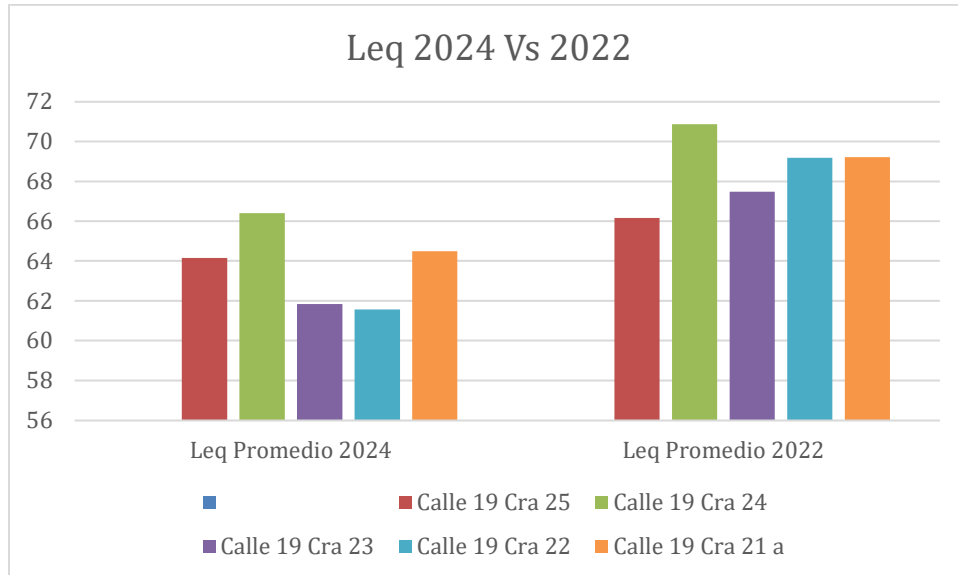


Fuente. Este Estudio 2024.

Tal y como se muestra en las gráficas anteriores, todos los puntos objeto de la muestra, se encuentran dentro de los niveles permisibles de emisión de ruido definidos por la norma, pues el punto mas alto ubicado en la Calle 19 con Carrera 24 tiene una emisión de ruido ambiental de 69.7 dB.

Por otra parte, es importante mencionar que de acuerdo a las mediciones realizadas en la vigencia 2022, en los mismos puntos, es notoria la diferencia de emisión de ruido ambiental con la emisión de ruido considerando la peatonalización del área muestreada. A continuación, se muestra el comparativo.

**Gráfica 04.** Comparativo de Ruido Ambiental vigencia 2022 y 2024



Fuente. Este estudio 2024.

## MAPA DE RUIDO AMBIENTAL ESTRATEGICO

Para obtener el mapa de ruido ambiental nocturno, se usó un software alemán llamado CadnaA Noise, el cual se describe a continuación:

**Modelo Utilizado:** El software empleado por CORPONARIÑO ha sido CadnaA Noise versión 4.0, considerado como uno de los más eficientes y completos del mercado. Este software permite el cálculo y análisis de ruido de diversas fuentes por separado y posteriormente permite su combinación y cálculo global, de la siguiente manera:

CadnaA es un modelo acústico que realiza una representación digital en tres dimensiones de aquellos aspectos del mundo real que son significativos de la emisión, propagación y recepción del sonido en el medio exterior. Una vez incluidos en el modelo estos elementos, se aplican algoritmos de cálculo que permiten predecir la propagación del sonido.

CadnaA es un software para plataformas Windows de 32 y 64 bits, este permite la predicción de ruido y generación de mapas de ruido.

◆ **Modelos de Propagación y predicción:** Los modelos que utiliza este software son consistentes con los métodos dispuestos en la Directiva 2002/46/CE 1 es decir, utiliza los métodos: NMPB- Routes-96 (NMPB1996) para ruido de carretera e ISO 9613-2 (ISO 1993,2) para ruido de industria. No obstante, lo anterior el software incluye numerosas normas locales de los países europeos para cada uno de las fuentes de ruido nombradas. Este programa permite el cálculo de los niveles de ruido tomando en cuenta las reflexiones de hasta orden 20.

◆ Este software puede exportar los resultados calculados hacia archivos DXF para su incorporación en planos y mapas digitales, SIG para creación de mapas cartografiados, archivos de bases de datos en formatos TXT, hacia otros formatos de software de modelación como LIMA y MITHRA y finalmente se pueden exportar los datos hacia el software de posicionamiento global gráfico Google Earth mediante archivos KML donde se exportan las líneas de contorno en forma de fotografía y las edificaciones en forma de elementos 3D.

◆ **Escenarios:** de acuerdo a la directiva 2002/49/CE de la comunidad europea, el software permite numerosos formatos de importación, herramientas de conversión y modificación que permite acceso a los datos existentes en formatos digitales.

◆ **Características de manejo y validación** para corroborar geometría y datos de los objetos en el modelo. Se implementan indicadores de ruido tales como Leq día y

Leq noche incluyendo los horarios específicos que comprenden los períodos de día para día, tarde y noche.

- ◆ Cálculo de puntos receptores en una grilla: Cadna puede realizar proyectos de cualquier tamaño, con una superficie máxima de cálculo de 20.000.000 Ha (malla con distancia de 100 m).

- ◆ Herramientas para calcular número de habitantes: cuenta con una herramienta de exportación con información de los resultados hacia el público.

- ◆ Es decir que las limitaciones del tamaño de los proyectos no están dadas por el software sino que por el hardware presente en el computador donde se trabaja.

- ◆ Para que esta limitación de hardware no sea un problema, CadnaA ofrece herramientas con tecnología PCSP para distribución de cálculos y extensiones para realizar cálculos en redes. Debido a lo anterior, con CadnaA se pueden realizar modelaciones para proyectos de cualquier tamaño.

- ◆ Características de interés: permite visualización 3D de mapas de ruido, donde se muestra una detallada visión en tres dimensiones del proyecto mostrando todos los objetos relevantes, edición de los objetos en tiempo real en el modo de visión 3D, libre movimiento de cámara a través del modelo en rutas predefinidas, control de la visualización y dirección del movimiento con el mouse, leyenda de la malla, creación de videos en formato AVI para presentaciones, entre otros.

- ◆ Archivos que permite Importar y Exportar: En este software se pueden importar datos de archivos de CAD, archivos SIG, bases de datos y otras aplicaciones. Es posible importar coordenadas de puntos y todos los atributos de objetos con la interfaz ODBC. Estos datos pueden ser administrados y actualizados en hojas de cálculo tipo Excel o bases de datos tipo Access u Oracle. Esto hace posible, por ejemplo, actualizaciones de datos ordenados de construcciones de nuevas vías accediendo periódicamente a las bases de datos de sus sistemas. Finalmente se pueden importar archivos desde otros programas de modelación como Mithra y Lima.

- ◆ Dispone de una aplicación para la Gestión de Modelos y Planes de Acción, que permite, entre otras cosas, la creación de nuevos escenarios y la valoración de distintas alternativas, la comparativa de distintas variantes de un mismo modelo en forma de tabla, o el análisis rápido del efecto de reducción del ruido tras una reducción en la emisión de una fuente o de un grupo de fuentes.

- ◆ Ciudades Modeladas: las ciudades que han sido modeladas con el software Cadna son: Bristol, Nottingham, Sheffield en Inglaterra, Stuttgart en Alemania y

varias ciudades de Chipre, entre otros.

Características del modelo:

Nombre: CadnaA (Computer aided noise abatement)

Versión: 4.0

Fabricante: Datakustik

País de Origen: Alemania

Límite de objetos: Ilimitado

Tipos de modelaciones: Vías, fuentes fijas modelados en conjunto.

Estándares para vías: RLS90, STL86 (Suiza), NMPB-Routes -96 (Francia, temporal de la UE), VBUS, DIN 18005 (Alemania), RVS 04.02.11 (Australia), STL 86, SonRoad (Suiza), CRTN (Reino Unido), TemaNord 1996:525 (Escandinavia), Método Checo, TNM (USA).

Estándares para Industria: ISO 9613 incl VBUI and meteorology according to CONCAWE (Internacional, EC-Interim), VDI 2714, VDI2720, DIN18005 (Alemania)

Oal Ritchtlinie Nr 28 (Australia), BS 5228 (Reino Unido), Metodo de predicción general (Escandinavia), Ljud fran vindkraftverk (Suiza), Harmonoise (Internacional).

### **Datos Introducidos para la modelación**

Fuentes Móviles: se modelaron las vías aforadas en cada punto seleccionado de las mallas establecidas en el municipio de Pasto.

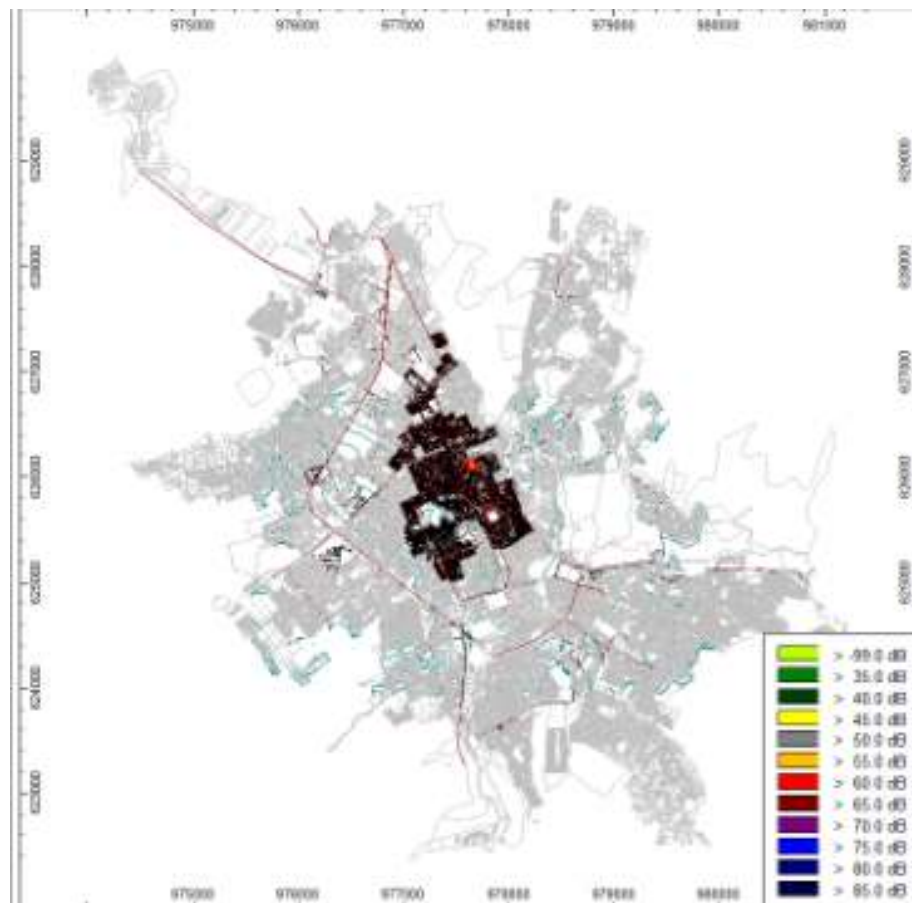
Obstáculos: los principales obstáculos modelados fueron las edificaciones y los muros l en cada eje valorado, la cual fue determinada de acuerdo al número de pisos.

Topografía del Terreno: se tomó en base a la cartografía suministrada por la administración territorial.

## MODELACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL EN LA MALLA PRIORIZADA DEL MUNICIPIO DE PASTO

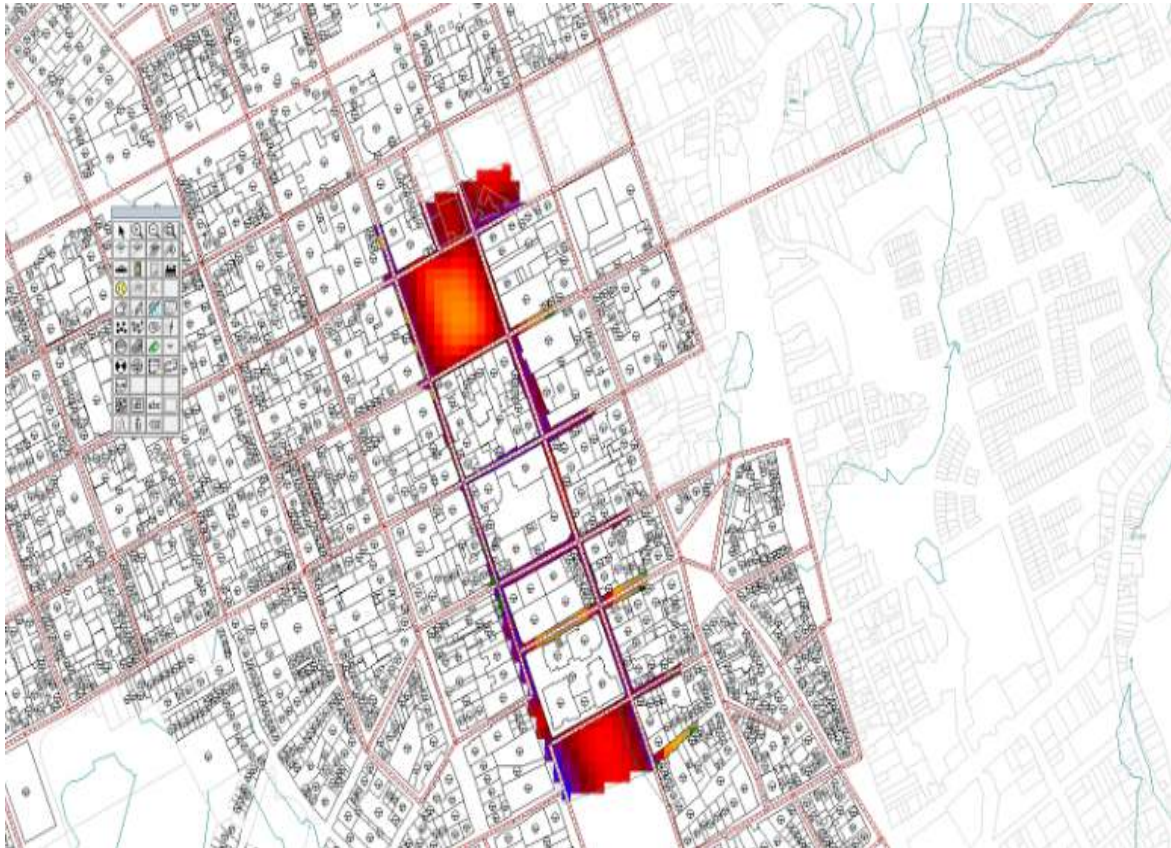
Una vez realizado toda la actualización de la información de mediciones de ruido ambiental y aforos vehiculares de los cinco puntos, se procedió a correr el modelo para obtener el mapa de ruido estratégico como se indica a continuación:

**Figura 1.** Pantallazo Mapa de Ruido Estratégico Municipio de Pasto-Malla Eje peatonal



Fuente: Este Estudio 2024.

**Figura 1.** Pantallazo Mapa de Ruido Estratégico Municipio de Pasto-Malla Eje peatonal



Fuente: Este Estudio 2024.

## MEDIDAS A TENER EN CUENTA PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE RUIDO AMBIENTAL

A lo largo de la gestión realizada por CORPONARIÑO en la temática de ruido ambiental, se ha evidenciado que la alternativa de descontaminación más apropiada según los resultados obtenidos, radica en tener en cuenta estos datos en el ordenamiento del territorio, mediante la adopción de las determinantes ambientales, entre las que se deberá incluir la emisión de ruido.

Las determinantes ambientales se han agrupado en 4 ejes temáticos de acuerdo a la naturaleza y en atención a la guía MADS como se observa en la siguiente ilustración:

*Ilustración 1. Ejes Temáticos de las Determinantes.*

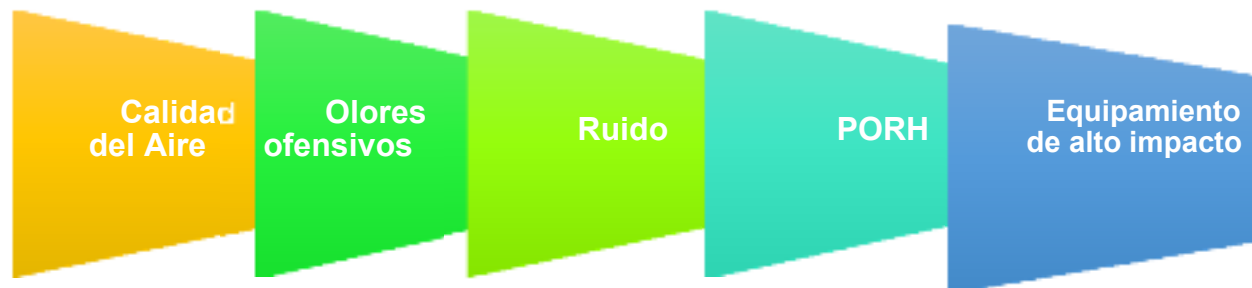


Fuente. Circular 3103-2-00014 del MADS 2021.

### Determinantes del medio transformado y de la gestión ambiental

Las determinantes ambientales del medio transformado recogen todos aquellos elementos asociados al ordenamiento derivados de políticas, directrices, disposiciones, regulaciones, normas y reglamentos para prevenir, mitigar y manejar los efectos ambientales negativos derivados del desarrollo de las actividades humanas que intervienen en la definición del modelo de ocupación del municipio o distrito, buscando el cumplimiento de las obligaciones derivadas de ellos en armonía con el régimen de usos propuestos.

**Figura 6.** Determinantes ambientales del medio transformado y la gestión ambiental



Todas las orientaciones de las políticas ambientales vigentes en Colombia, particularmente aquellas que aportan elementos clave para el ordenamiento ambiental territorial (OAT) y en particular las que involucran la gestión en el medio transformado, son de gran importancia para que los municipios las integren en sus procesos de formulación y revisión y ajuste de sus instrumentos de ordenamiento territorial (POT, PBOT, EOT).

### **Ruido.**

Las mediciones de ruido ambiental, deben ser utilizados para realizar el diagnóstico del ambiente por ruido y los resultados se llevan a mapas de ruido los cuales permiten visualizar la realidad en lo que concierne a ruido ambiental, identificar zonas críticas y posibles fuentes contaminadoras por emisión de ruido, entre otros; de acuerdo a los estándares máximos permisibles según Resolución No.627 de 2006 del MADS.

### **Marco Normativo.**

Decreto 1076 de 2015, artículos: 2.2.5.1.1.1. Objeto de la reglamentación de protección y control de la calidad del aire; 2.2.5.1.1.2. Definiciones – Emisión de ruido, norma de emisión de ruido y ruido ambiental; 2.2.5.1.2.12. Norma de emisión de ruido y norma de ruido ambiental; 2.2.5.1.2.13.

Clasificación de sectores de restricción de ruido; 2.2.5.1.5.1 Control a emisiones de ruido; 2.2.5.1.5.2. Ruido en sectores de silencio y tranquilidad; 2.2.5.1.5.4. Prohibición de generación de ruido; 2.2.5.1.5.11. Área perimetral de amortiguación de ruido; 2.2.5.1.5.12. Zonas de amortiguación de ruido de vías de alta circulación; 2.2.5.1.6.6. Aplicación del principio de rigor subsidiario en cuanto a la aplicación de normas específicas de ruido ambiental, 2) para normas de ruido ambiental.

Resolución 627 de 2006, por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.

### **Integración de la determinante ambiental - ruido al ordenamiento territorial**

El levantamiento de mapas de ruido se hace con el objetivo principal de que la información obtenida sea tenida en cuenta como determinante ambiental a la hora de ordenar el territorio, en este sentido, el diagnóstico del mapa de ruido emitido debe identificar las incompatibilidades en los usos del suelo en las zonas críticas de contaminación por ruido, a fin de tomar las medidas necesarias para su corrección y control, a través de normas urbanísticas y estrategias de gestión.

El modelo de ocupación en el componente general, debe incluir dentro de los objetivos y estrategias territoriales, acciones orientadas a prevenir y controlar la emisión de ruido que trascienda al medio ambiente o al espacio público, a través de la definición de normas urbanísticas que conduzcan a disminuir los impactos derivados de las actividades socioeconómicas que por las características de sus procesos puedan generar emisiones por encima de los estándares permisibles.

En el contenido estructural, se debe definir las áreas habilitadas en el modelo de ocupación para la ubicación de actividades generadoras de ruido, las compatibilidades, restricciones, condicionamientos y prohibiciones para cada área, así como los parámetros urbanísticos a tener en cuenta para la ubicación y funcionamiento de las actividades asentadas en estas zonas y los futuros desarrollos.

En el componente urbano los municipios y distritos deberán tener en cuenta dentro de las disposiciones de uso y ocupación del suelo urbano y de expansión urbana, la cercanía de actividades generadoras de ruido con respecto a los desarrollos urbanísticos consolidados y aquellos suelos sujetos a futuros desarrollos, para los cuales es necesario consultar las condiciones y restricciones enfocadas a evitar impactos negativos frente a la ubicación de posibles receptores.

En este componente, se recomienda definir normas urbanísticas que conduzcan a que las actividades generadoras de ruido se localicen en zonas compatibles, implementen medidas de prevención y control como el uso de equipos y técnicas de menor impacto, insonorización, aislamientos acústicos, entre otros, a fin de reducir los impactos en la salud y el ambiente.

En el componente rural los suelos rurales con usos de vivienda campestre y centros poblados se deben tener en cuenta las consideraciones definidas para el componente urbano en lo que se refiere a la ubicación de fuentes generadoras de ruido y ruido ambiental. En todo caso, la instalación de cualquier actividad

generadora de ruido en suelo rural deberá dar cumplimiento a los límites máximos permitidos en la norma.

## RECOMENDACIONES

Para la adecuada aplicación de los lineamientos de gestión, estas deben integrar a un proceso de planificación urbanística, donde se articulen dentro de sus competencias en la gestión de ruido, las diferentes Secretarías municipales, tales como, Ambiente, Gobierno, Salud, Planeación y Tránsito

Los mapas de ruido generados deben ser una herramienta básica para la toma de decisiones en cuanto al ordenamiento del territorio y la formulación de políticas en materia ambiental.

La comunidad debe ser parte fundamental en el desarrollo de los lineamientos de gestión, con el fin de asegurar el éxito de los programas de disminución de niveles de ruido.

Es necesario convocar continuamente a la comunidad para que participen en las jornadas de sensibilización sobre los terribles efectos del ruido sobre la salud, así como desarrollar campañas de prevención y diagnóstico para conocer la afectación del ruido urbano en sectores de atención prioritaria.