



ESCUELA POLITÉCNICA



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Escuela Politécnica

Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en  
Telecomunicaciones

Trabajo Fin de Grado

Ruido y Urbanismo:

Caso de estudio Arroyo de la Luz



ESCUELA POLITÉCNICA



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Escuela Politécnica

Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en  
Telecomunicaciones

Trabajo Fin de Grado

Ruido y Urbanismo:

Caso de estudio Arroyo de la Luz

Autor: María Peguero Ramos

Tutor: Juan Antonio Méndez Sierra

Co-Tutor: Juan Miguel Barrigón Morillas

**Tribunal Calificador**

Presidente: Rosendo Vílchez Gómez

Secretario: Francisco Javier Carmona del Río

Vocal: Valentín Gómez Escobar

## **Agradecimientos**

A Juan Antonio Méndez Sierra, por ofrecerme toda la ayuda que he necesitado en la realización de este proyecto.

A toda la gente de la Universidad de Extremadura, por ofrecerme su ayuda y amistad en toda la carrera y que nunca olvidare.

A Carlos, por soportarme en los buenos y en los malos momentos y estar a mi lado siempre que lo he necesitado.

Y muy especialmente a toda mi familia y en particular a mis padres, por educarme como me han educado y permitirme estudiar y formarme para tener una buena vida en el futuro.

## ÍNDICE

1.- Introducción al proyecto.....	6
1.1.- Resumen del proyecto .....	7
1.2.- Abstract.....	8
1.3.- Objetivos del proyecto.....	8
1.4.- Introducción teórica.....	9
1.3.1.- Niveles de sonido: Equivalente y Percentiles.....	9
2.- Metodología.....	11
2.1.- Descripción de la población.....	11
2.1.1.- Historia.....	11
2.1.2.- Situación .....	15
2.1.3.- Demografía .....	16
2.2.- Urbanismo .....	17
2.3.- Técnica de medida .....	19
2.3.1.- Sonómetro.....	19
2.3.2.- Norma UNE-ISO 1996/2007 .....	22
2.3.3.- Puntos de medida.....	23
2.3.4.- Horarios de medida.....	29
2.4.- Encuesta.....	30
3.- Resultados y análisis.....	32
3.1.- Urbanismo y ruido .....	32
3.2.- Medidas “in situ” .....	41
3.2.1.- Mapa y medidas de mañana.....	41

3.2.2.- Mapa y medidas de tarde .....	51
3.2.3.- Mapa y media aritmética de medidas.....	60
3.2.4.- Niveles percentiles.....	69
3.2.5.- Flujo de vehículos.....	81
3.3.- Resultados de la encuesta.....	87
3.3.1.- Datos sociodemográficos.....	87
3.3.2.- Aspectos afectivos.....	89
3.3.3.- Actividad peatonal.....	91
3.3.4.- Efectos provocados por el ruido.....	91
3.3.5.- Creencias relacionadas con el ruido.....	93
3.3.6.- Percepción del ruido y de la molestia.....	94
4.- Conclusiones.....	96
5.- Bibliografía.....	97
6.- Anexos.....	98
6.1.- Anexo I: Hoja Excel de datos urbanísticos	
6.2.- Anexo II: Hoja Excel de encuesta	
6.4.- Anexo III: Fichas de medidas	
6.3.- Anexo IV: Encuestas	

## 1.- Introducción al proyecto

Hoy en día nos encontramos con que uno de los principales factores que influyen en una mejor calidad de vida, es el nivel acústico al que estamos sometidos en nuestro día a día.

El crecimiento urbanístico, que se ha ido produciendo a escala mundial en las últimas décadas, ha supuesto un aumento del número y utilización de las infraestructuras de transporte y fuentes sonoras en el interior de las localidades. Esto a su vez ha supuesto un aumento progresivo de los niveles de ruido asociados, en su mayoría, a la fuente de ruido del tráfico rodado.

Las principales fuentes de ruido urbano son debidas al tránsito automotor, ferroviario y aéreo, la construcción y obras públicas, y al ruido vecindario.

El tráfico rodado es una variable temporal y espacial, es decir, que va a depender del momento del día y del lugar donde se lleve a cabo la medición. Por lo tanto, para conseguir valores precisos necesitamos realizar mediciones de larga duración y en distintos puntos. Ello conlleva dos posibles inconvenientes: el primero de ellos, es que no disponemos de estaciones continuas de conteo de vehículos en distintos tipos de calle y, el segundo de ellos, que este primer inconveniente, es solucionado con medidas “in situ” cuya duración es limitada y cuyos resultados depende de la estrategia utilizada.

Los métodos de cálculo se basan principalmente en dos tipos de variables: variables asociadas a la fuente sonora (número de vehículos, velocidad media de circulación, tipo de vehículos,...) y variables asociadas a las características del entorno (pendiente del terreno, altura de los edificios, tipo de pavimentos, número de carriles,...).

Este estudio trata de describir el estado en el que se encuentra el ruido en la localidad de Arroyo de la Luz, describiendo las variables y niveles acústicos a los que se encuentra expuesta la población a diario. La principal fuente de ruido que vamos a analizar va a ser el tráfico rodado.

Las variables urbanísticas son relativamente fáciles de obtener en comparación con las variables asociadas al tráfico rodado ya que es considerada la

fuente de ruido más problemática y difícil de controlar, así como la más común que podemos encontrar en cualquier localidad.

Por lo tanto, el principal objetivo de este estudio es el análisis de diferentes variables poblacionales y urbanísticas que nos permitan estimar un porcentaje significativo de la variabilidad de los niveles sonoros.

Como base de este trabajo, se ha usado el TFG de “Ruido Urbano: Mapa de Ruido de la localidad de Arroyo de la Luz” de Inmaculada Peguero. El cual ha servido para tomar datos obtenidos y medidos por ella, como el método de categorización, la longitud de las calles y 35 medidas de nivel sonoro de calles.

### **1.1.- Resumen del proyecto**

Este estudio de ruido y urbanismo ha sido realizado en Arroyo de la Luz, un municipio español de la provincia de Cáceres, en la comunidad autónoma de Extremadura. En este trabajo estudiamos la capacidad que el empleo de variables urbanísticas tiene para predecir el nivel sonoro que existirá en una calle cualquiera de la localidad.

Para la ejecución de dicho estudio empezamos enumerando las distintas fases que se han abordado para la realización del mismo. La primera fase consistió en el proceso de lectura y documentación relacionada con el proyecto, así como acerca del uso de los equipos de medida.

A continuación se completó una hoja Excel, con las 135 variables urbanísticas estudiadas de la población (longitud, anchura, población,...)

En la siguiente fase se eligieron los puntos donde realizar las medidas y se realizó el estudio a pie de calle con el sonómetro. En total se realizaron medidas en 87 calles de la localidad.

La fase siguiente consistió en la realización de una encuesta a parte de la población, donde se les preguntaba su percepción personal de los niveles de ruido y como influían en su vida.

Durante la última fase tuvo lugar el análisis, tratamiento y procesamiento de las muestras obtenidas, así como la obtención de los índices de ruido, correlaciones y conclusiones a las que se han llegado.

## **1.2.- Abstract**

This study noise and urban planning has been done in Arroyo de la Luz, a Spanish municipality in the province of Caceres, in the autonomous community of Extremadura. In this paper we study the capacity of urban employment has variables to predict noise levels that exist in any street of the town.

For the execution of this study we began enumerating the different phases that have been addressed to the realization. The first phase consisted of the reading process and documentation related to the project and on the use of measuring equipment.

Then an Excel spreadsheet was completed, with 135 urban population studied variables (length, width, population ...)

In the next phase the points where to perform the measurements and the study was conducted at street level with the sound level meter is chosen. In total 87 measures in streets of the town were made.

The next phase was to conduct a survey of the population, where they were asked their personal perception of noise levels and as influenced his life.

During the last phase of the analysis, treatment and processing of the samples obtained, as well as obtaining noise ratios, correlations and conclusions that have been reached it took place.

## **1.3.- Objetivos del proyecto**

Los objetivos principales en los que está basado el proyecto son los siguientes:

- Obtener en un Excel los datos urbanísticos de la población de Arroyo de la Luz (longitud, anchura,... hasta 135 variables urbanísticas distintas).
- Medir el ruido en 87 calles seleccionadas de la población.

- Encuestar a la población para conocer su opinión, y en concreto su percepción sobre el ruido urbano (50 encuestados).
- Establecer un conjunto de correlaciones y resultados entre: las distintas variables urbanísticas que caracterizan la población, las mediciones de ruido obtenidas y de las encuestas realizadas.

## 1.4.- Introducción teórica

Para desarrollar y entender el presente estudio, será necesario conocer una serie de conceptos teóricos básicos sobre los niveles de sonido. A continuación se explican detalladamente.

### 1.4.1.- Niveles de sonido: Equivalente y Percentiles

Nivel equivalente: El nivel sonoro equivalente, generalmente expresado en dBA, se define como el nivel que tendría que tener un sonido estacionario para que su energía sonora fuese la misma que la que posee el nivel sonoro  $L(t)$  variable, que se pretende evaluar durante un tiempo  $T$  determinado. Según esta definición, la expresión que permita calcular el valor del nivel sonoro continuo equivalente  $L_{eq}$  es la siguiente:

$$L_{eq} = 10 \times \log_{10} \left[ \left( \frac{1}{T} \right) \times \int 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right] \quad (dB)$$

Ecuación 1.1.- Nivel equivalente

El nivel de ruido equivalente ( $L_{eq}$ ), se define como el promedio de las intensidades sonoras medidas para un periodo de tiempo. Por ejemplo, si se desea calcular el nivel equivalente de ruido durante 15 minutos en un punto y tenemos 3 medidas distintas de 15 minutos en ese punto, el nivel equivalente será el promedio de esas 3 medidas. La fórmula a aplicar será:

$$L_{eq} = 10 \times \log_{10} \left( \frac{\sum I_i}{\frac{N^{\circ} \text{ de muestras}}{I_0}} \right) \quad (dB)$$

Ecuación 1. 2.- Nivel equivalente

Donde  $I_i$  es el valor de la intensidad sonora e  $I_0$  el valor de la intensidad sonora de referencia ( $10^{-12}$  W).

Niveles percentiles: El nivel sonoro percentil  $L_x$  se define como el nivel sonoro que es superado por el porcentaje  $x$  del tiempo total de medida.

- L1: Nivel de ruido que es superado el 1% del tiempo de medida.
- L10: Se trata del nivel de ruido medido en dBA que es sobrepasado el 10% del tiempo de la medida.
- L50: Es el nivel de ruido en dBA que es sobrepasado la mitad del tiempo.
- L90: Es el nivel de ruido que se sobrepasa el 90% del tiempo de medida.
- L99: Nivel de ruido que es superado el 99% del tiempo de medida. [1]

## **2.- Metodología**

Este estudio se realizó en la localidad de Arroyo de la Luz, la cual está localizada en la provincia de Cáceres, en la comunidad autónoma de Extremadura, al suroeste de España. La población es de 6.042 habitantes.

Un total de 135 variables urbanísticas han sido registradas en cada una de las calles donde se registró el nivel sonoro equivalente, en periodo diurno de mañana de 8:00 - 15:00 y de tarde de 15:00 a 22:00. Se han clasificado las variables urbanísticas en los siguientes grupos:

- Ubicación de la calle y demografía: latitud, longitud, población, distancia al centro de la ciudad,...
- Tipo de uso del suelo urbano: áreas industriales, áreas deportivas, áreas de recreo, áreas culturales, áreas educacionales, áreas religiosas, áreas administrativas, áreas sanitarias,...
- Geometría de la calle: longitud, anchura, altura media de los edificios, pendiente, tipo de pavimento,...
- Circulación y conectividad: número de semáforos, pasos de peatones, intersecciones, nodos de comunicación,...
- Transporte público y privado: buses urbanos, taxis, áreas de aparcamiento, gasolineras puntos de recogida de residuos urbanos,...

Una vez registradas las distintas variables urbanísticas, se analizará la relación de cada una de estas variables (variables independientes) con respecto al nivel sonoro equivalente registrado en el periodo diurno (variable dependiente). Para ello, se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson. Utilizando una correlación bilateral.

### **2.1.- Descripción de la población**

#### **2.1.1.- Historia**

El origen de este pueblo se podría decir que es lusitano, debido a las numerosas sepulturas y lápidas encontradas en las cercanías de Arroyo de la Luz. Este pasado explicaría el calificativo que se utilizó para nombrar a esta villa

anteriormente, Arroyo del Puerco, relacionándolo con el culto a los dioses terminales: puercos o verracos de piedra.

Arroyo de la Luz con más de 2.000 años de existencia fue poblado en primer lugar por los lusitanos y los celtas, después llegaron los romanos y por último los árabes y los visigodos quienes dominaron estas tierras hasta la Reconquista en el siglo XIII. Una demostración de esto son los restos arqueológicos hallados en sus inmediaciones, concretamente en la dehesa de la Luz, donde se han encontrado restos íberos: monedas, prensas olearias y broches; hebillas visigodas y sepulcros antropomorfos. Curiosamente podemos encontrar una necrópolis funeraria en la que aparecen varias tumbas superpuestas y en paralelo unas con otras. De esto se deduce que pudieron ser enterrados, unos al lado de otros, los miembros de una misma familia. Dichas sepulturas se encuentran cubiertas por grandes lanchas de piedra.

Durante la Reconquista, las tropas cristianas de Alfonso IX de León conquistaron el pueblo frente a los musulmanes, junto a Cáceres el 23 de abril de 1229. Permaneció como aldea unida a Cáceres y fue donada después a la Condestable de Portugal y fue el Concejo cacereño el que reclamó la devolución de Arroyo a su dependencia.

El antiguo escudo de la villa, otorgado por el rey Enrique III, el Doliente, en 1402, reflejaba un jabalí junto a un fresno a la orilla de un arroyo y al fondo un guerrero a caballo con una lanza que va a su alcance.

A la caída del Antiguo Régimen la localidad se constituye en municipio constitucional en la región de Extremadura, perteneciente al partido judicial de Cáceres, conocida entonces como Arroyo del Puerco. En el censo de 1842 constaba con 7.395 vecinos y 1.350 hogares.

La población surgiría al amparo de la fortaleza medieval y se llamaría en un primer momento Arroyo del Fresno, después Arroyo del Puerco y desde diciembre de 1937 es conocida como Arroyo de la Luz. Este último nombre está relacionado con la batalla entre moros y cristianos y la protección de la Virgen de la Luz a estos últimos. Es uno de los pocos lugares donde todavía existen alfareros, profesión que se ha ido perdiendo a través de los siglos. Aunque se ignora la fecha exacta del inicio

de dicha actividad, la existencia de esta artesanía puede verificarse en los siglos XV y XVI.

En el siglo XVI, considerado a nivel nacional el Siglo de Oro, es también la centuria más importante de la historia de la localidad:

- Se finaliza la construcción de la Iglesia de la Asunción.
- Se inaugura el programa pictórico de Luis de Morales.
- Empieza la construcción del Convento de San Francisco.
- Se levanta la Ermita de San Antón.
- Se reconstruye la Ermita de la Virgen de la Luz.
- Finaliza la construcción del Palacio de los Condes de Benavente.

Durante el siglo XVII, Arroyo se verá condicionado fundamentalmente por su carácter fronterizo que lo relaciona con el reino portugués. Los antiguos conflictos entre cristianos y musulmanes serán sustituidos por los enfrentamientos entre castellanos y portugueses, especialmente a partir de 1640, momento en que los lusitanos se desligan definitivamente del reino español. En este siglo concluyen dos construcciones significativas: la Ermita de la Soledad y la Casa Palacio de los Marín.

En el siglo XVIII, la villa, como el resto del país, tendrá una nueva dinastía real, los Borbones, que vinieron a sustituir a la dinastía de los Austrias. No obstante Arroyo del Puerco siguió bajo dominio de la Casa Benavente. Durante este siglo se produce la remodelación de la Ermita de San Sebastián, mandada y sufragada por D. Diego Holgado de Guzmán.

El siglo XIX se inició con la invasión de España por parte de las tropas de Napoleón, invasión que tendrá gravísimas consecuencias para todo el territorio nacional. La localidad sufrió como tantos otros, saqueos, robos, incendios y destrucciones que prácticamente arruinaron por completo a los vecinos en tan solo tres meses de ocupación de la villa.

Es en ese momento cuando la Ermita de la Virgen de la Luz fue asaltada, destruidas sus bóvedas y quemadas las imágenes de la Virgen de la Luz y del Cristo de la Expiración. Esto obligó al Concejo a encargar las dos tallas de imaginería que son a día de hoy veneradas por todos los arroyanos.

Este será el siglo del liberalismo y por tanto del inicio del constitucionalismo y la abolición del Régimen Señorial, mediante la supresión de los derechos jurisdiccionales que los Condes de Benavente llevaban ejerciendo sobre la villa desde el siglo XVI. Fue Pedro de Alcántara Téllez (16º Conde) el último que ejerció en señorío sobre la villa en 1837.

A finales de siglo y en plena Restauración Canovista, Arroyo sufrió como tantos otros pueblos extremeños el azote de la oligarca y caciquil representado en su máximo regidor, German Petit Ulloa.

Durante la dictadura del General Primo de Rivera, en 1929, se produjo el primer intento de cambiar el nombre de la villa. Ese año se celebró un plebiscito popular donde por abrumadora mayoría los arroyanos optaron por mantener el nombre de Arroyo del Puerco.

La llegada de la República en 1931 fue recibida en Arroyo con grandes expectativas y esperanzas de cambio en las masas trabajadoras, ilusiones que poco a poco se irán frustrando unas tras otras. Fueron los años del establecimiento de un segundo régimen republicano, régimen que hizo aflorar definitivamente el asociacionismo político y sindical como expresión más genuina de la democracia parlamentaria.

La Guerra Civil de 1936 a 1939 tuvo funestas consecuencias para el vecindario de Arroyo afín a la República. En pocos días se dejó sentir la faceta más dramática de la represión ejercida por los nacionales, “paseos” y consejos de guerra acabaron con la vida de muchos arroyanos.

Pero la Guerra Civil también trajo una profunda modificación para el pueblo, el definitivo cambio de nombre, de Arroyo del Puerco al actual Arroyo de la Luz, cambio que se produjo el 11 de diciembre de 1937 por Decreto del General Franco, siendo alcalde Francisco González Toril. En relación con este cambio, en 1941, se decidió cambiar el escudo heráldico imponiéndose el actual que alude a la batalla librada entre musulmanes y cristianos allá por el siglo XIII.

La década de los cuarenta del siglo pasado será también la de los años “del hambre”, de penurias económicas y del racionamiento. De la misma forma algunos arroyanos, en un ambiente tan hostil, procuraron seguir culturizando a la villa, se

fundó la Revista de Ferias y Fiestas de Arroyo de la Luz, revista en la que escribieron Juan Luis Cordero, Juan Ramos Aparicio y Pedro Caba entre otros.

Los años sesenta y setenta son los años del desarrollismo económico pero también los de la emigración masiva de arroyanos a otras regiones españolas e incluso a otros países, el éxodo rural se dejó notar en el pueblo de manera brutal.

Con la muerte de Franco en 1975 se entra en una nueva etapa democrática, recuperación de las libertades que se han manifestado entre otras muchas cosas, en los sucesivos procesos electorales que Arroyo ha experimentado y que han dejado a los siguientes alcaldes:

- José M. González Bravo (1979 – 1983).
- Felicísimo Bello Merino (1983 – 1995).
- Lorenzo Pérez Duran (1995 – 2003).
- Santos Jorna Escobero (2003 – 2015).
- Y en la actualidad, María Isabel Molano Bermejo. [2]

### **2.1.2.- Situación**

Arroyo de la Luz es un municipio español de la provincia de Cáceres, en la comunidad autónoma de Extremadura. Situado al sureste de la capital de provincia. Se encuentra enclavado en la zona central de la Alta Extremadura, más concretamente en la comarca natural de la Cuenca del Salor, rodeada por los riberos del Río Tajo, la Sierra de San Pedro, los Baldíos de Alburquerque, la Altiplanicie de Cáceres y Trujillo y por la frontera con Portugal.

Con 6.042 habitantes (INE 2014), Arroyo de la luz es el municipio más poblado de la comarca y Mancomunidad de Tajo-Salor y el décimo de la provincia de Cáceres. La importancia de esta localidad se basa en su proximidad a la ciudad de Cáceres, de la que la separan unos 20 Km por carretera.



Imagen 2.1 – Mapa Arroyo de la Luz

Arroyo de la Luz limita con: Navas del Madroño al norte, Casar de Cáceres al noroeste y sureste, Malpartida de Cáceres al sureste, Cáceres al este y sur, y Brozas al oeste.

Se halla emplazado en una amplia llanura a 350 metros de altitud aproximadamente, en la zona centro oriental del término municipal, más concretamente, en las coordenadas geográficas 39° 29' 11" de latitud norte y 6° 34' 54" de longitud oeste. Presenta una configuración radial, como corresponde a su origen medieval, con la iglesia situada en la Plaza de la Constitución (Plaza Mayor), en el centro de la localidad, de donde irradian las demás calles. Su forma se asemeja a un polígono irregular de 9 lados.

Arroyo de la Luz es conocido por el Día de la Luz, fiesta de interés turístico regional, desde 1997, en honor a su patrona la Virgen de la Luz

### 2.1.3.- Demografía

A continuación se muestra una imagen donde se presenta la evolución demográfica de la localidad desde 1900 hasta nuestros días. Se observa cómo la población ha ido disminuyendo la población en estos últimos años.

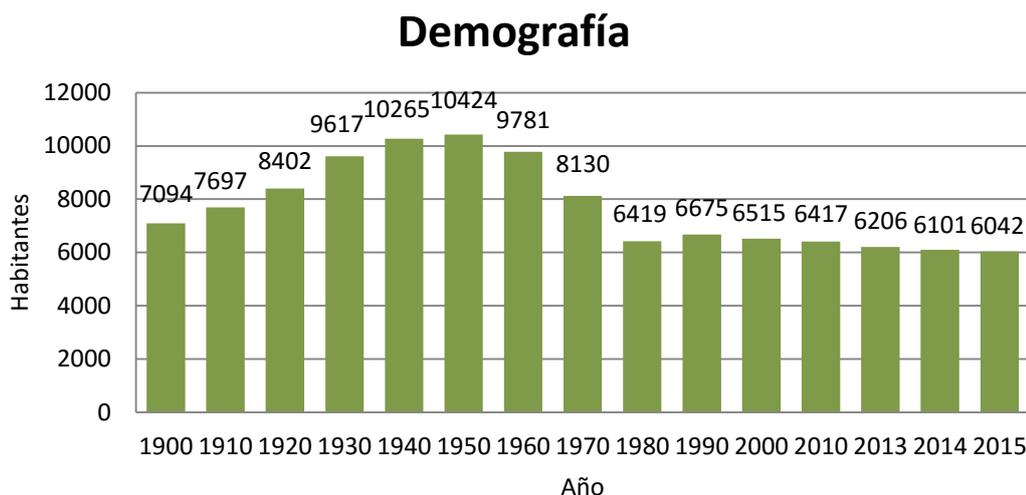


Gráfico 2.1.- Evolución demográfica en Arroyo de la Luz

## 2.2.- Urbanismo

Vamos a describir la hoja Excel que hemos completado en cada uno de sus apartados:

- Datos de la vía: Datos generales tales como el tipo de vía, el nombre, el tramo (si la vía está dividida en tramos con distintas categorías, distinguir estos tramos), la localidad, la categoría, el  $L_{Aeq}$  (en dB), la población y el tipo (si es peatonal o de tráfico restringido). El punto de inicio de la vía, como es la latitud y longitud de inicio. Y el punto de fin de la vía, en este caso la latitud y longitud de fin.
- Tipo de zona de ubicación de la vía: Se dividirán las zonas colindantes a la vía, para medir la superficie en  $m^2$  en la propia calle, en zona industrial. Zona deportiva, como estadios, polideportivos, pabellones, gimnasios y clubes privados. Zona festiva donde distinguiremos entre ocio diurno (bares, cafeterías, tapperías y restaurantes) y ocio nocturno (pubs y discotecas). Zona cultural, como cines, teatros, auditorios, museos, bibliotecas, centro de congresos, casas de cultura, galerías de arte, plazas de toros y zonas de interés urbanístico o arquitectónico. Zona verde, como zonas de relajación y lectura, de paseo y parques de niños. Zona comercial. Zona administrativa, ya sea pública o privada. Zona docente, como guarderías, colegios, institutos, academias privadas, conservatorios, centros de idiomas y universidades. Zona sanitaria, como hospitales,

centros de salud y residencias. Zona de hospedaje, como hoteles y residencias de estudiantes. Zona religiosa. Zona funeraria, como cementerios y tanatorios. Zona penitenciaria. Y Zona de seguridad como policías y bomberos.

- Geometría de la calle: Se tendrá en cuenta la longitud, en metros, de las calles. La superficie, en  $m^2$ , de las plazas. La anchura de la calle. La altura media de los edificios. El número de carriles en la propia calle (en un sentido y en el otro), ya sean de servicio o no. Las líneas de aparcamientos y su longitud, ya sean aparcamientos en batería o en línea. El tipo de vía (tipo U; tipo L; sin viviendas a ambos lados; o tipo X, ninguna de las anteriores). Y el tipo de pendiente (0 – sin pendiente; 1 – ligera; 2 – intermedia; 3 – pronunciada).
- Circulación y conectividad: Habrá que tener en cuenta en la calle de estudio su correspondencia con vías interurbanas (1 – Nacionales; 2 – Regionales; 3 – Comarcales; 4 – Locales). Se contarán el número de semáforos y se calculará los semáforos por metro. Igual para el número de pasos de peatones. Veremos en los cruces que hay en una calle el número de entradas y salidas en dicho cruce para uno y otro sentido. Contaremos el número de cambios de sentido que se pueden hacer en las calles. Y tendremos en cuenta la velocidad límite de la calle, en km/h, y observaremos cual es la velocidad real de tránsito.
- Transporte público o privado: Se contarán los nodos de comunicación existentes en una determinada calle según su tipo (1 – Tren; 2 – Autobús interurbano; 3 – Aeropuerto; 4 – Puerto marítimo), el número de entradas/salidas en un día y el número de plazas. También se hará un estudio más detallado para autobuses urbanos donde contaremos el número de paradas, el número de líneas, la frecuencia de paso y las cocheras de autobuses. Se hará igual para los taxis, contando el número de paradas y el número de plazas. Calcularemos la superficie, en  $m^2$ , de las áreas de aparcamiento según su tipo (1 – Público; 2 – Privado). Contaremos el número de gasolineras y el número de surtidores que tiene. Y estudiaremos los autobuses interurbanos contando el número de paradas, el número de líneas y la frecuencia en minutos.

- Otros datos: Como pueden ser el número de puntos de recogida de residuos urbanos. El estado y tipo de firme de la vía. Y la ubicación de la vía.

## 2.3.- Técnica de medida

### 2.3.1.- Sonómetro

Sonómetro 2238 Mediator: El sonómetro integrador 2238 de Brüel Kjær se trata de un instrumento de medida de niveles sonoros completamente autónomo, es decir, que funciona con pilas y no requiere de ningún instrumento externo para medir o almacenar dichos niveles y que cumple con los requisitos en las normativas IEC 651-1979 Tipo 1 e IEC 804-1985 Tipo 1.

Emplea un micrófono de condensador prepolarizado de campo libre tipo 4188 de ½ pulgada, con una sensibilidad de -30dB y una capacidad de 12pF, trabaja en una banda de frecuencias de 8Hz a 16KHz, utiliza un preamplificador de micrófono ZC0030. Para calibrar el equipo se ha usado un calibrador de nivel sonoro tipo 4231, el cual emite un tono puro de 1KHz a 94dB de SPL.

Los parámetros comunes para todas las medidas que se han realizado son:

- Pantalla antiviento: Sí.
- Rango dinámico (Min – Max): 30dB - 110dB.
- Ponderación temporal: Fast (F).
- Ponderación frecuencias: A.
- Tiempo de medida: 15 minutos:

Este sonómetro lo usaremos para realizar las medidas a pie de calle. Se harán una o varias medias de 15 minutos en cada calle, donde se obtendrán el  $LA_{eq}$ ,  $L_{MAX}$ ,  $L_{MIN}$ ,  $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  y  $L_{99}$ .



Imagen 2.2.- Sonómetro 2238

La imagen muestra un sonómetro 2238 igual que el usado en la toma de muestras. Se va a proceder a explicar el funcionamiento del equipo de medida y los distintos menús de que dispone.

- On/Off: Se mantiene pulsado para encender o apagar en equipo.
- Calibrar: Para calibrar el sonómetro.
- Sistema: Pulsándolo accedemos al menú sistema.
- Archivos: Para acceder al menú archivo.
- Configuración: Sirve para acceder y recorrer las distintas opciones de configuración del menú configuración de medidas.
- Flechas arriba/abajo: Se utilizan para desplazarse arriba o abajo en las opciones de menú por las ventanas seleccionadas, también sirve para entrar o salir del modo edición en la ventana de medidas.
- Flechas izquierda/derecha: Se utilizan para seleccionar los parámetros en la ventana seleccionada.
- Rango: Para acceder al menú configurar rango.
- Borrado: Pone a cero los datos de medida actuales y también de memoria intermedia y el temporizador. Si hay una medida en curso, continuará inmediatamente después de la puesta a cero.
- Resultado de medidas: Al pulsar la tecla se vuelve a la ventana de medidas desde cualquier menú de configuración.
- Pausa/Reanudar: Al pulsar la tecla pausamos o reanudamos la medición en curso.
- Elegir: Tecla con las funciones “elegir”, “guardar”, “recuperar” o “sí” según la posición del cursor en el menú actual. La función “menú” muestra la ventana opciones del gestor de ficheros.
- Cancelar: Tecla con las funciones “cancelar”, “deshacer” o “cerrar” según la posición del cursor en el menú actual.
- Retroiluminación: Sirve para encender o apagar la iluminación de la pantalla.

A continuación, se va a explicar de forma detallada de que se componen los distintos menús que aparecen en el sonómetro.

- Menú calibración: Presionando el botón “calibrar” se accede al menú calibración. En él nos aparecerá el nivel al que queremos calibrar el sonómetro (siempre será 94dB), el número de serie del micrófono, la sensibilidad y la fecha. Pulsando en “calibrar” el equipo nos indica que debemos montar en calibrador y encenderlo, una vez hecho pulsando en

“iniciar” el equipo se calibrará mediante la señal de 1KHz que emite el calibrador.

- Menú sistema: Pulsando el botón “sistema” aparece el menú de sistema, donde se encuentran las siguientes opciones: Aplicación, para seleccionar el módulo del software. Fecha y hora, para modificar la fecha y hora del equipo. Interfaz serie, para ajustar la velocidad de transferencia de datos en baudío y el control del flujo del interfaz a través del puerto serie del equipo. Interfaz impresora, modifica los ajustes de salida de datos a través de una impresora. Idioma, para seleccionar el idioma de los menús. Pantalla, para ajustar el contraste de la pantalla. Normas, se nos muestra las normas internacionales que cumple el equipo. Acerca de, para visualizar la información del sistema.
- Menú archivos: Accedemos a este menú pulsando el botón “archivos”, aquí podemos encontrar las siguientes opciones: Guardar en \_, los datos se almacenan en ficheros llamados 001, 002, 003,... junto con la fecha en la que se realizó la medición. Imprimir, para empezar a imprimir. Opciones impresión, para elegir que parámetros van a imprimirse. Gestor ficheros, aparece una lista con todos los ficheros guardados, en la que podemos seleccionar los que nos interesen para recuperarlos, imprimirlos, borrarlos,... También se puede borrar todos los archivos o ver el estado del disco.
- Menú configuración de la medida: Al pulsar el botón “configuración”, vemos los parámetros básicos con los que se encuentra configurada la medida. Las opciones que tiene son:
  - General: Para ajustar: Rango, muestra el rango de medidas, el rango dinámico del equipo es de 80dB, se ajustará de forma que capte todos los sonidos significativos. Picos sobre, para modificar el valor de los picos de forma que el equipo contabiliza las veces que se ha sobrepasado el límite.
  - Ponderaciones: Para ajustar las ponderaciones en tiempo y frecuencia del detector 1 (RMS) y del detector 2 (banda ancha).
  - Estadísticas: Para ajustar: Ponderación temporal basada en el detector 1, se elegirá entre las ponderaciones temporales F, S e I.

Percentiles, se elegirán los percentiles que se van a almacenar, típicamente son L1, L5, L10, L50, L90, L95 y L99.

- Control de medida: Habrá que elegir entre sí o no. Si se elige sí, se indicará la duración de cada medida y el número de medidas que se van a realizar en ese tiempo.
- Filtros de corrección: para elegir la incidencia del sonido, puede ser incidencia frontal o aleatoria. También se puede añadir una corrección en el caso de usar la pantalla antiviento.
- Entrada/Salida: Controla las entradas/salidas AUX1 y AUX2, cuya configuración es AUX1 en salida AC y AUX2 en salida DC.
- Auto inicio: Para configurar el Mediator BZ7125 para que comience a medir automáticamente.
- Seguridad e higiene: Para modificar el tiempo de exposición, el nivel criterio y el nivel umbral.
- Guardar configuración: Guarda todas las configuraciones anteriores.
- Recuperar configuración: Recupera una configuración guardada con anterioridad. [3]

### **2.3.2.- Norma UNE-ISO 1996**

En este apartado se analizarán las normas UNE-ISO 1996-1:2005 y UNE-ISO 1996-2:2009.

La norma UNE-ISO 1996-1:2005 es idéntica a la Norma Internacional ISO 1996-1:2003. Y la norma UNE-ISO-2:2009 es idéntica a la Norma Internacional ISO 1996-2:2007. Ambas normas tratan sobre la descripción, medición y evaluación del ruido ambiental.

#### UNE-ISO 1996. Parte 1: Acústica – Magnitudes básicas y procedimientos:

Esta parte define las magnitudes básicas que se deben utilizar para la descripción del ruido en ambientes comunitarios y describe los procedimientos básicos de evaluación. Se explica de forma general los distintos índices de medida, así como las diferentes clases de ruido y fuentes que los provocan. También se explica cómo se debe evaluar el grado de molestia que puede ser provocada por el ruido ambiental originado por múltiples situaciones y causas.

UNE-ISO 1996. Parte 2: Acústica – Recolección de datos pertinentes al uso del suelo: En esta parte de la norma describe como regular los métodos usados en la determinación de los niveles de presión sonora.

La norma comienza haciendo un resumen de los términos que tendremos que tener en cuenta a la hora de realizar nuestras medidas, como por ejemplo las condiciones meteorológicas, el intervalo de medida, la localización del receptor,...

Continúa definiendo los instrumentos de medida, así como las normativas que los regulan y los correspondientes sistemas de calibración para la correcta obtención de las medidas que se tomarán.

Esta parte de la norma es donde se especifican las correcciones que tenemos que aplicar en función de la colocación de nuestro micrófono:

- Micrófono en campo libre: No hay que modificar la medida.
- Micrófono montado en una superficie reflectante: Hay que aplicar un término corrector de -6dB.
- Micrófono a una distancia de 0,5m a 2m de una superficie reflectante: Hay que aplicar un término corrector de -3dB.
- Altura del sonómetro sobre el trípode debe ser de 1,5m.

También se especifica las consideraciones que se deben tener en cuenta por las distintas condiciones meteorológicas, ya que dichas condiciones (lluvia, nieve, viento,...) afectan al modo en que se propaga en sonido, por lo tanto se deberá aplicar un término corrector si fuera necesario.

### **2.3.3.- Puntos de medida**

Con el método de categorización de las calles vamos a clasificar las vías urbanas según su utilización. En el caso de Arroyo de la Luz se van a clasificar las calles en 5 tipos, los cuales son:

- Tipo 1: Vías de utilización para conectar la ciudad con otras ciudades peninsulares (carreteras) y para intercomunicar estas vías entre ellas.
- Tipo 2: Vías urbanas que dan acceso desde la categoría anterior a los nodos de distribución principal de la ciudad (se considerara un nodo principal una interconexión de al menos 4 calles). También se incluyen en

esta categoría las vías que son usadas de forma alternativa a las de la categoría anterior debido a las saturaciones de tráfico que en estas se puedan dar.

- Tipo 3: Vías que comunican la ciudad con otras zonas, las vías urbanas que dan acceso desde las anteriores a lugares de interés o que comunican las de la categoría anterior entre sí.
- Tipo 4: Vías de intercomunicación entre las de la anterior categoría. También se incluyen aquí las principales vías de los diferentes barrios que han sido incluida en ninguna de las categorías descritas previamente.
- Tipo 5: Resto de las vías, a excepción de las peatonales.

Existe un sexto tipo, que no se va a utilizar, que son para las calles peatonales, ya que en la localidad no existen vías de este tipo.

A continuación se van a clasificar cada una de las calles de la localidad según el método que hemos descrito:

Vías de tipo 1:

CALLE	Longitud (m)
CARRETERA C-523	2136,82

*Tabla 2.1 – Calles de tipo 1*

Vías de tipo 2:

CALLE	Longitud (m)
CARLOS BARRIGA	263,06
JOSÉ FRAGOSO LUCAS	261,24
MENARDO CERVERA	225,43
SAN ANTÓN	114,73
SAN SEBASTIÁN	424,01
VIRGEN DE GUADALUPE	125,47

*Tabla 2.2 – Calles de tipo 2*

Vías de tipo 3

<b>CALLE</b>	<b>Longitud (m)</b>
CARRETERA DE ALISEDA	457,67
BARRIAL DE SANTA ANA	230,68
PLAZA DE LA CONSTITUCION	281,56
PLAZA DIVINO MORALES	284,82
DOCTOR FELIX RODRÍGUEZ DE LA FUENTE	221,78
FRANCISCO PIZARRO	83,43
JOAQUÍN COSTA	121,74
AVENIDA JUAN CARLOS I	554,35
JUAN MUÑOZ CHÁVES	177,37
LOS ROSALES	112,01
LUIS CHÁVEZ	236,72
MIGUEL HERNÁNDEZ	193,58
NUEVA	142,48
PARRA	305,02
RAFAEL CHAPARRO	159,46
REGAJAL	349,18
PLAZA SAN SEBASTIAN	133,67
VIRGEN DE LA LUZ	156,72

Tabla 2.3 – Calles de tipo 3

Vías de tipo 4

<b>CALLE</b>	<b>Longitud (m)</b>
CASTILLO	521,14
CHARCA	418,22
CONCEJO	108,64
CONVENTO	72,86
CRUCES	160,79
ESCUELAS GRADUADAS	170,21
POZO DE HAMBRE	259,44
SAN ESTEBAN	100,87

SAN FRANCISCO	60,32
SAN GREGORIO	191,55
SAN MARCOS	197,86
TENERIAS	203,43

Tabla 2.4 – Calles de tipo 4

Vías de tipo 5

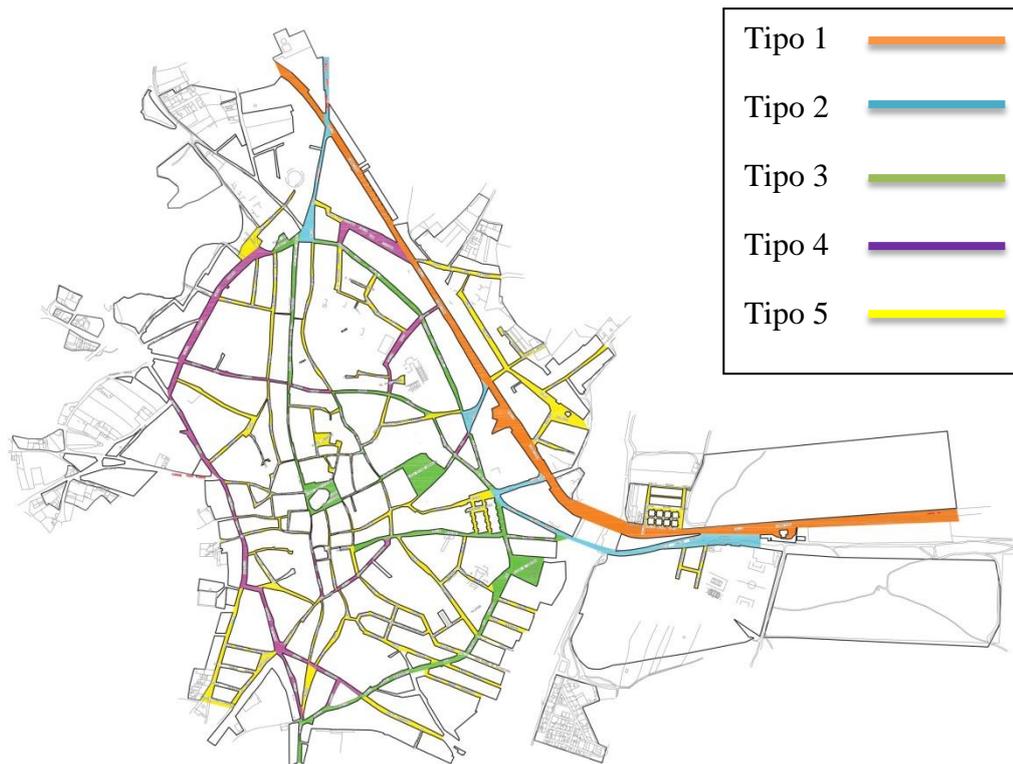
<b>CALLE</b>	<b>Longitud (m)</b>
ALBUERA	286,48
ANTONIO MACHADO	158,43
CÁCERES	377,6
CAMBEROS	184,29
CAROLINA CORONADO	84,26
CASAS NUEVAS	131,42
CASTAÑEDA	370,91
CASTILLEJOS	276,25
CASTIMA	110,93
CHARCA GRANDE	204,81
COLÓN	90,65
CUESTA	52,25
DEMOCRACIA	56,86
DERECHOS HUMANOS	385,25
DUEÑAS	174,69
DOCTOR FLEMING	80,17
ESCOBAR	84,47
ESPAÑA	251,86
FLORENCIO GARCÍA RUBIO	102,55
GABINO GRACIA	91,64
GABRIEL Y GALÁN	120,79
GALLEGOS	117,02
GERMÁN PETIT	184,8
HERMANOS CABA	87,56
HERNÁN CORTES	74,66

HILACHA	177,36
HUERTAS	46,34
HUERTO PLATA	135,96
IGUALDAD	191,54
LAS ACACIAS	219,34
MATAMOROS	104,8
MIGUEL DE CERVANTES	112
OLLEROS	141
OSCURA	145,21
PABLO NERUDA	80,73
QUEBRADA	93,16
QUINEA	120,12
REINA SOFÍA	558,91
RICOS	169,22
RIGOBERTA MENCHU	146
RONDA CONCEJO	166,22
SALVADOR ALLENDE	76,26
SAN BLAS	195,31
SAN PEDRO DE ALCANTARA	417,52
SANTA ANA	90,89
SANTA ELENA	87,97
SANTA TERESA DE JESÚS	78,36
SANTOS SALOMÓN	189,38
SOLEDAD	301,44
VALENCIA	228,92

*Tabla 2.5 – Calles de tipo 5*

Como se puede comprobar en las anteriores tablas, en la localidad, la mayoría de las calles pertenecen al tipo 5.

A continuación, se puede observar el mapa del pueblo con la categorización de calles realizada.



*Imagen 2.3.- Categorización de las calles de Arroyo de la Luz*

En la siguiente imagen, observamos el mapa de la localidad, con la categorización realizada y cada uno de los puntos donde hemos realizado las medidas. En total se han realizado medidas en 87 calles, en algunas calles hemos medido en varios puntos distintos y en cada punto se ha realizado dos medidas, una en horario de mañana y otra en horario de tarde.



*Imagen 2.4.- Puntos de medida*

### **2.3.4.- Horarios de medida**

Para cada punto de medida se va a realizar un muestreo de niveles de ruido para dos intervalos del día. En este estudio se van a tomar mediciones

correspondientes a niveles diurnos de mañana y de tarde, con los siguientes tramos horarios:

- Horario de mañana: 8:00 – 15:00.
- Horario de tarde: 15:00 – 22:00.

Para cada medida se utilizó el sonómetro 2238 de Brüel Kjaer, realizando una calibración del equipo al inicio y al fin de cada jornada. El sonómetro se colocó en un trípode a una altura de 1,5m del suelo. Para cada medida, de 15 minutos, se rellenaron unas fichas de toma de muestras, donde se indica las características de la calle, la posición del equipo, el flujo de vehículos durante la medida, así como los niveles de ruido proporcionados por el sonómetro como  $L_{eq}$ ,  $L_{MAX}$ ,  $L_{MIN}$  y los percentiles L1, L10, L50, L90 y L99.

## 2.4.- Encuesta

La encuesta que se ha realizado sirve para evaluar la reacción al ruido en las calles. Se ha encuestado a un total de 50 personas entre hombres y mujeres de distintas edades por las calles de la localidad en las que previamente se ha medido el ruido.

Mediante una escala donde el “0” representa “nada” y el “10” representa “muchísimo”, se preguntará a los encuestados sobre:

- Aspectos afectivos de la zona:
  - Si el encuestado vive o no en la zona.
  - Se le pedirá que califique de 0 a 10 si se encuentra satisfecho con distintas características de la calle como: la limpieza, la calidad del aire, la luz ambiental, el ruido durante el día, los olores, la comodidad para caminar en las aceras, la estética del entorno visual y la seguridad ciudadana.
  - De las características anteriores se le pedirá que indique cuales son las más importantes a mejorar en dicha zona.
  - Por último, se le preguntara de califique de 0 a 10 si le gusta la zona y la calle.
- Actividad peatonal en la calle:
  - Por qué motivo estaba caminando en ese momento por la calle.

- Efectos provocados por el ruido.
  - Tendrá que calificar de 0 a 10 cuanto influye el ruido para que la persona no salga a dar un paseo o camine como medio de transporte.
  - También se le preguntara por la distracción o perturbación que provoca el ruido de la calle sobre sus pensamientos, su conversación y su atención visual.
  - Por último, tendrá que calificar en qué medida el ruido de la calle le provoca irritabilidad, sobresalto y molestia en los oídos.
- Creencias relacionadas con el ruido.
  - Se le pedirá que califique de 0 a 10 en qué medida el ruido de la calle cree que afecta a la salud, es un problema de contaminación, es un asunto complejo de resolver y es un tema importante para las autoridades.
  - Se le preguntará, para que elija entre una serie de opciones, qué hace para enfrentarse al ruido que hay en las calles. Las opciones que tiene el encuestado son: no ponerle atención, realizar una queja ante las autoridades, caminar más deprisa, pensar que hay problemas peores en la ciudad, acostumbrarse o evitar los sitios ruidosos.
- Percepción del ruido y la molestia.
  - El encuestado tendrá que calificar de 0 a 10 qué tan ruidosa es la ciudad y la zona.
  - También se le preguntará cuánto le molesta el ruido de una serie de fuentes de ruido como: las motocicletas, los vehículos particulares, las voces, el transporte público, la música de establecimientos cercanos, los vendedores ambulantes, las sirenas de vehículos de emergencia y los claxonazos.
- La última parte de la encuesta es sobre información demográfica, se le preguntará al encuestado por su nivel de estudios, su estado de estrés, cómo se encuentra hoy, el sexo y la edad.

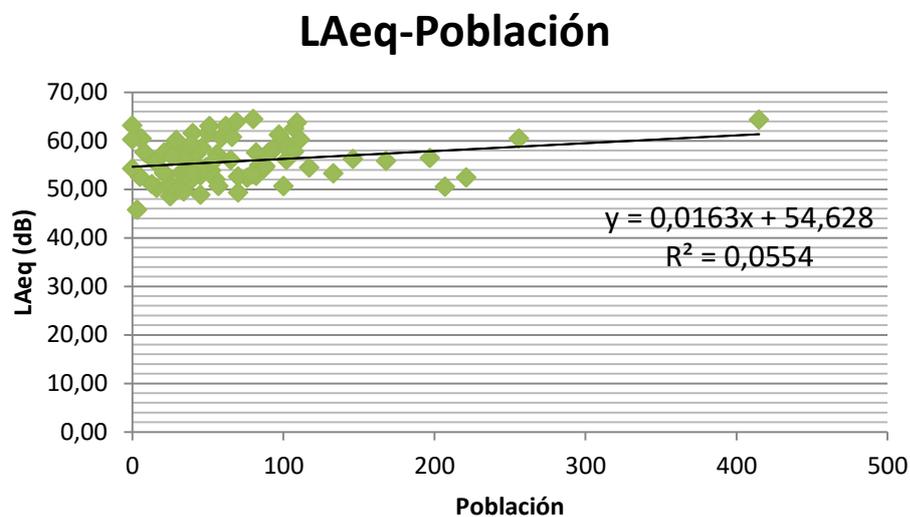
### 3.- Resultados y análisis

#### 3.1.- Urbanismo y ruido

A continuación, vamos a ver las correlaciones establecidas entre el nivel equivalente,  $L_{Aeq}$ , medido y las variables poblacionales y urbanísticas. Para obtener la significatividad de dichas variables hemos obtenido su línea de tendencia y el coeficiente  $R^2$ , aunque se ha usado  $R$  para su comparación con los valores críticos de la  $r$  de Pearson para pruebas bilaterales.

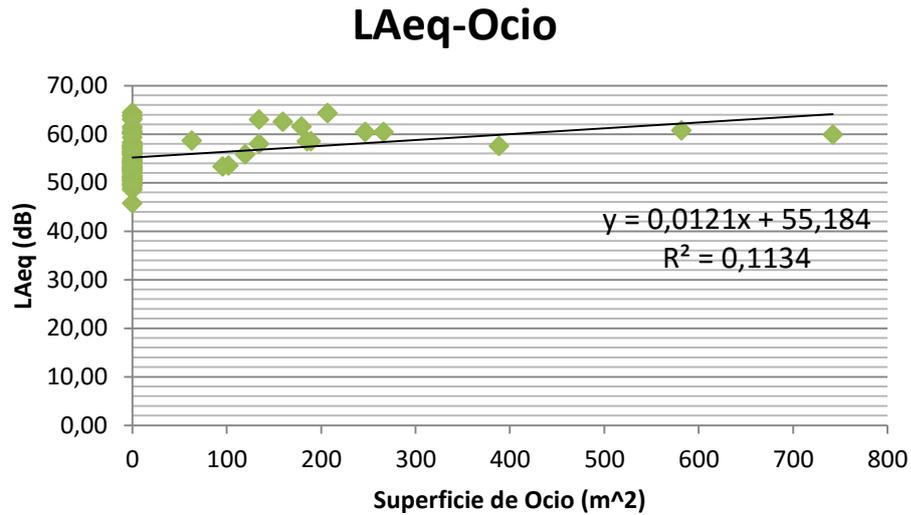
Teniendo en cuenta que el total de puntos medidos han sido 87, nos debemos quedar con  $N-2$  puntos, es decir, con 85 puntos para realizar la correlación de significatividad. Esta vendrá dada al 97,5% cuando el valor de  $R$  sea mayor de 0,205 y al 99,5% cuando  $R$  sea mayor de 0,283.

Se ha realizado la correlación con diferentes variables, tales como la población por calles, las superficies de zonas de ocio, la longitud de las calles, la superficie de zonas verdes, la superficie de zonas comerciales,...



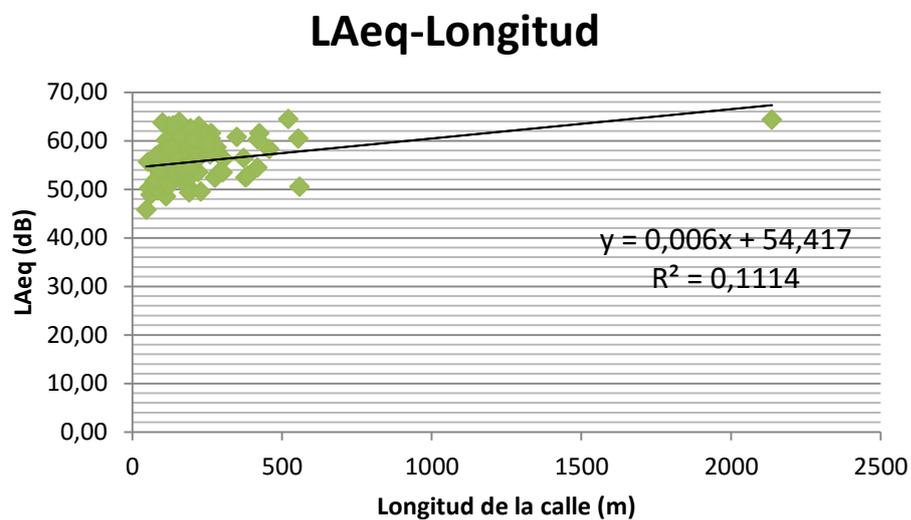
**Gráfica 3.1.- Correlación entre nivel equivalente y población por calle**

La ecuación característica es  $y = 0,0163x + 54,628$  con un  $R^2 = 0,0554$ , entonces en valor de  $R$  será 0,2354, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la población por calles nos da un valor de  $p < 0,025$ , siendo significativo al 97,5%.



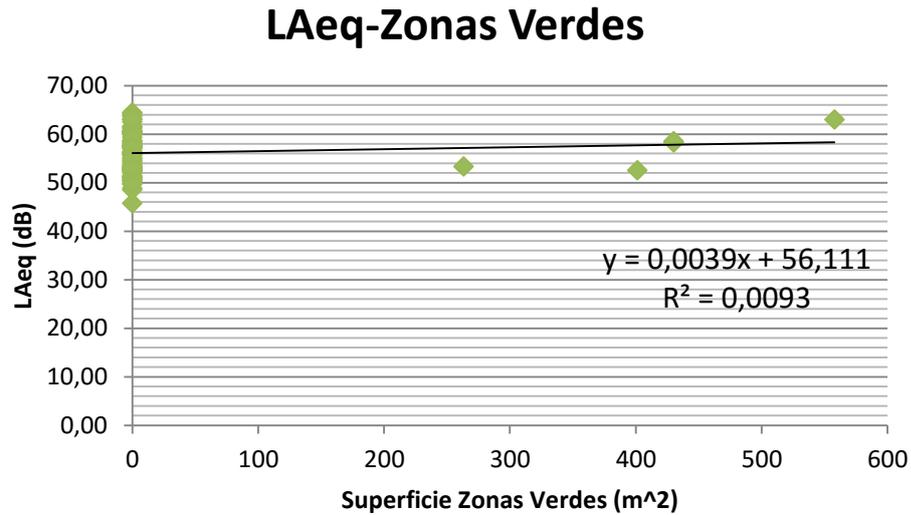
**Gráfica 3.2.- Correlación entre nivel equivalente y zonas de ocio**

Para este caso, se han sumado todas las superficies de ocio en la misma calle, ya sean consideradas de ocio diurno o de ocio nocturno. Entonces la ecuación característica que obtenemos es  $y = 0,0121x + 55,184$  con un  $R^2 = 0,1134$ , entonces en valor de R será 0,3367, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la superficie de ocio nos da un valor de  $p < 0,005$ , siendo significativo al 99,5%.



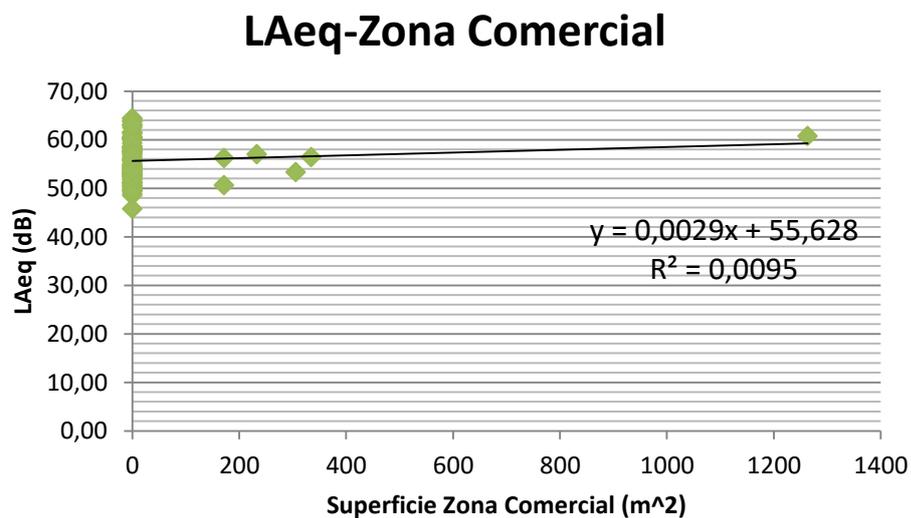
**Gráfica 3.3.- Correlación entre nivel equivalente y longitud de la calle**

La ecuación característica que se ha obtenido es  $y = 0,006x + 54,417$  con un  $R^2 = 0,114$ , entonces en valor de R será 0,3338, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la longitud de las calles nos da un valor de  $p < 0,005$ , siendo significativo al 99,5%.



**Gráfica 3.4.- Correlación entre nivel equivalente y zonas verdes**

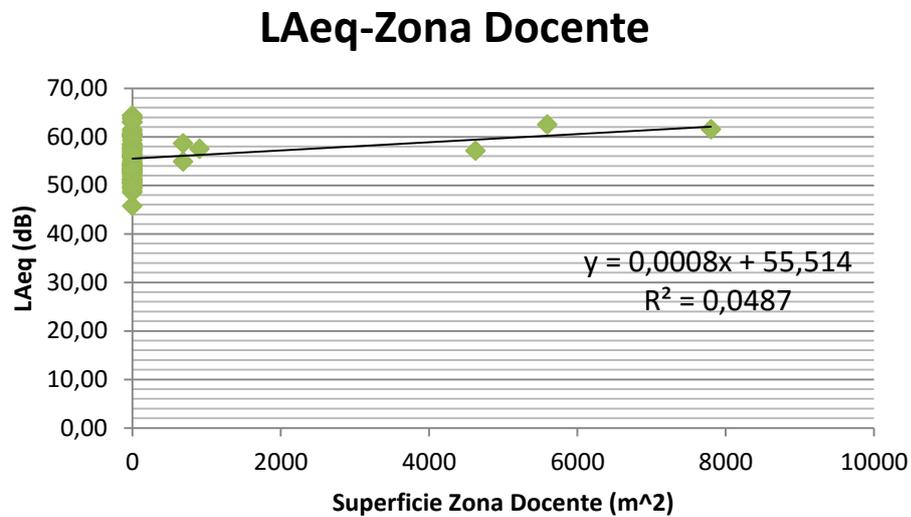
Para el caso de zonas verdes, se han sumado todas las superficies de zonas verdes en la misma calle, incluyendo zonas de relajación y lectura, zonas de paseo y parques de niños. Entonces la ecuación característica que obtenemos es  $y = 0,0039x + 56,111$  con un  $R^2 = 0,0093$ , entonces en valor de R será 0,0964, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la superficie de zonas verdes nos da un valor menor de 0,205, esta relación no es significativa.



**Gráfica 3.5.- Correlación entre nivel equivalente y zonas comerciales**

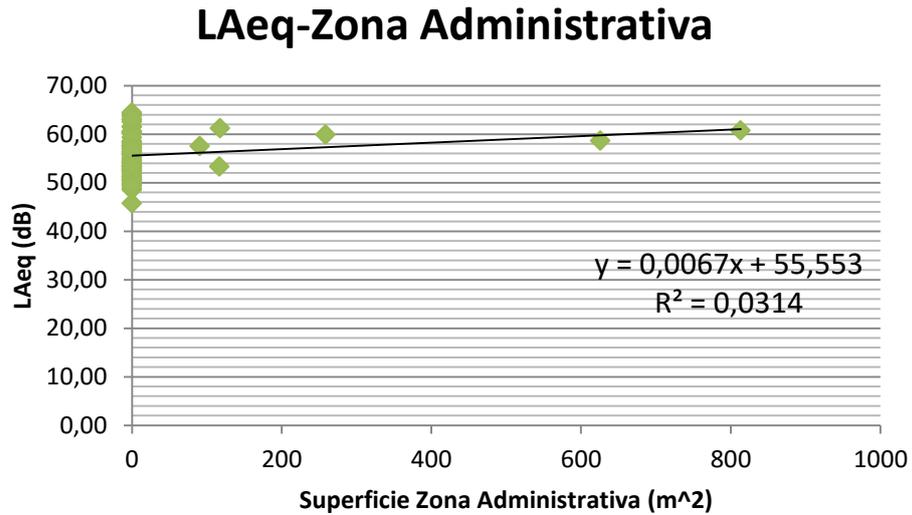
La ecuación característica es  $y = 0,00029x + 55,628$  con un  $R^2 = 0,0095$ , entonces en valor de R será 0,0975, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la superficie

de zonas comerciales nos da un valor menor de 0,205, siendo una relación no es significativa.



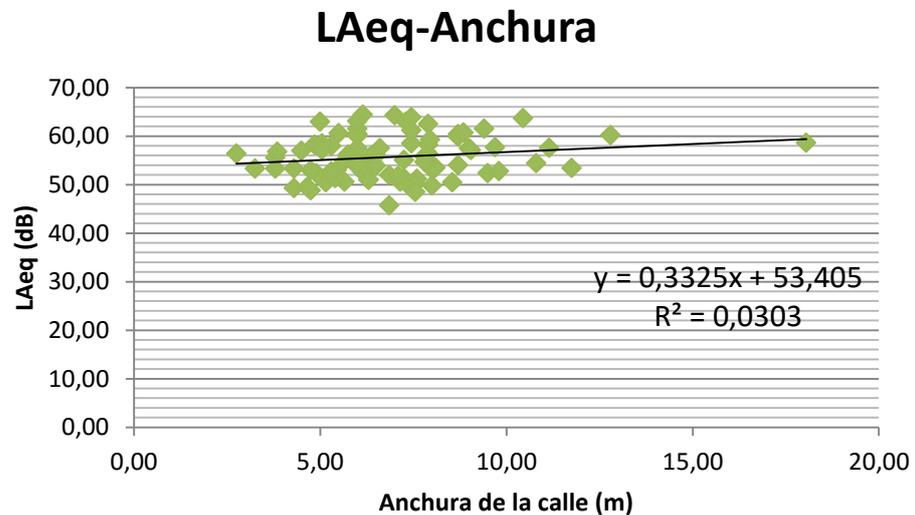
**Gráfica 3.6.- Correlación entre nivel equivalente y zonas docentes**

Para el caso de zonas docentes, se han sumado todas las superficies de dichas zonas en la misma calle, donde se han incluido guarderías, colegios, institutos, academias privadas, conservatorios de música, centros de idiomas y universidades. La ecuación característica que obtenemos es  $y = 0,0008x + 55,514$  con un  $R^2 = 0,0487$ , entonces en valor de R será 0,2207, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la superficie de zonas docentes nos un valor de  $p < 0,025$ , siendo significativo al 97,5%.



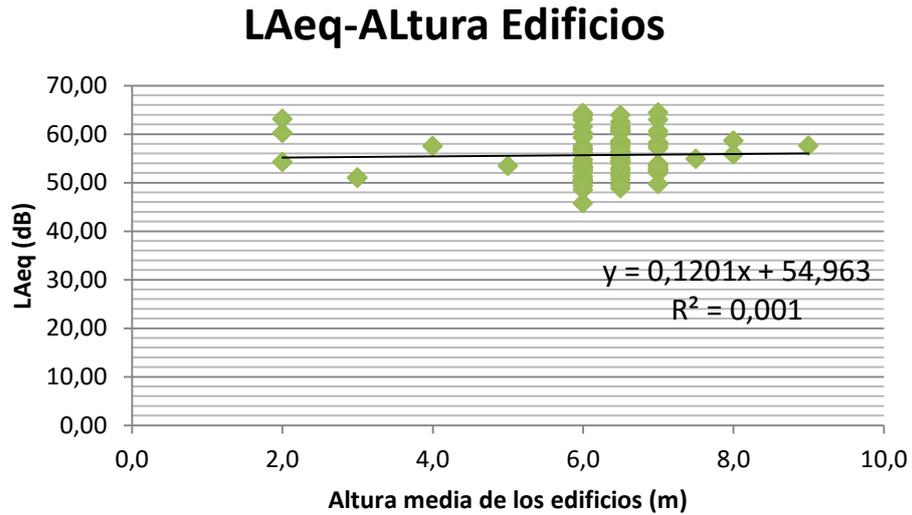
**Gráfica 3.7.- Correlación entre nivel equivalente y zonas docentes**

Para el caso de zonas administrativas, se han sumado todas las superficies de dichas zonas en la misma calle, tanto de administración pública como privada. La ecuación característica que obtenemos es  $y = 0,0067x + 55,553$  con un  $R^2 = 0,0314$ , entonces en valor de R será 0,1772, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la superficie de zonas administrativa, es una correlación no significativa.



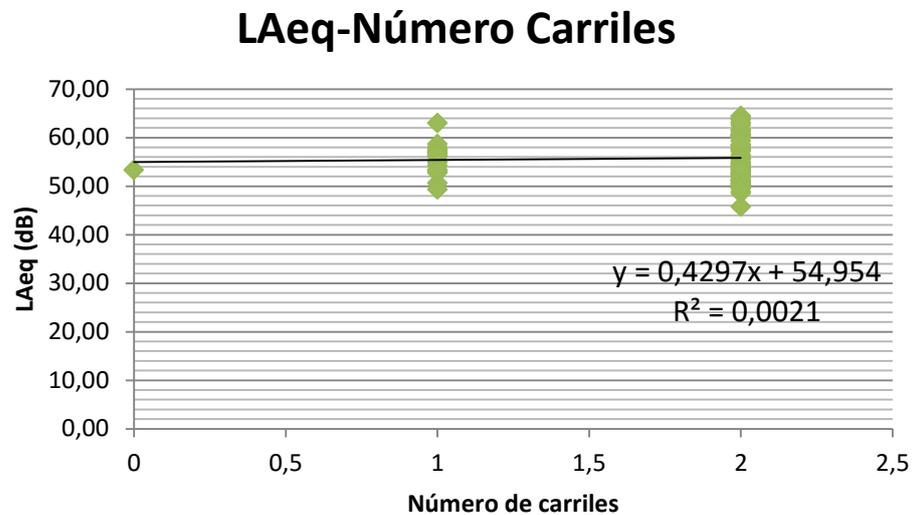
**Gráfica 3.8.- Correlación entre nivel equivalente y anchura de la calle**

La ecuación característica que se ha obtenido es  $y = 0,3325x + 53,405$  con un  $R^2 = 0,0303$ , entonces en valor de R será 0,1741, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la anchura media de las calles nos da una relación no significativa.



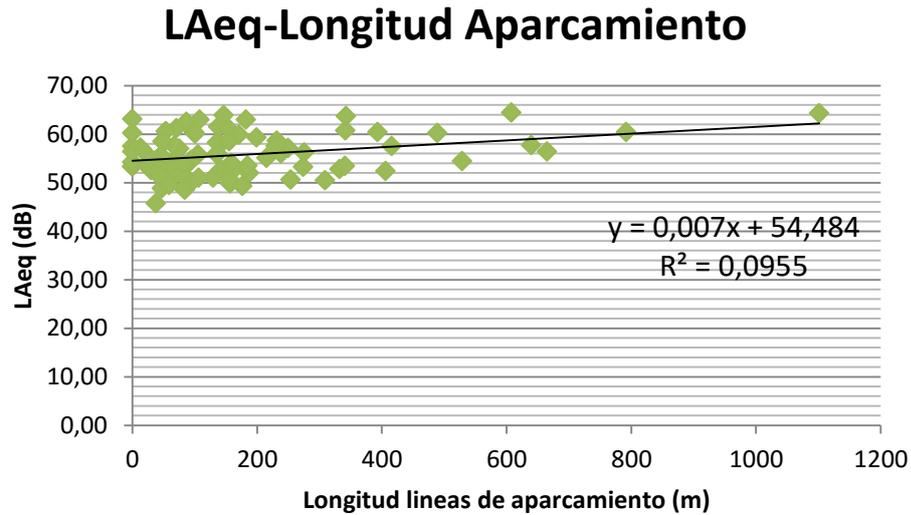
**Gráfica 3.9.- Correlación entre nivel equivalente y altura de los edificios**

La ecuación característica que se ha obtenido es  $y = 0,1201x + 54,963$  con un  $R^2 = 0,001$ , entonces en valor de R será 0,0316, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la altura media de los edificios de las calles nos da una relación no significativa.



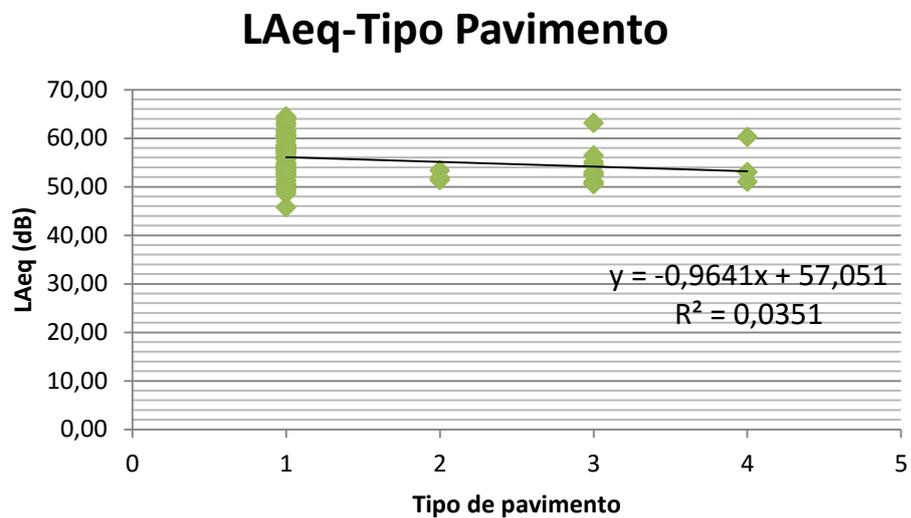
**Gráfica 3.10.- Correlación entre nivel equivalente y número de carriles en la calle**

La ecuación característica que se ha obtenido es  $y = 0,4297x + 54,954$  con un  $R^2 = 0,0021$ , entonces en valor de R será 0,0458, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y el número de carriles que hay en cada calle nos da una relación no significativa.



Gráfica 3.11.- Correlación entre nivel equivalente y la longitud de las líneas de aparcamiento en la calle

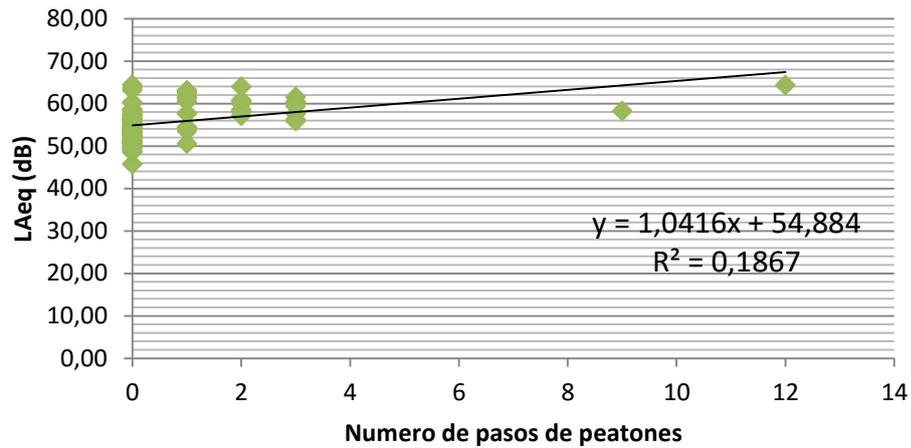
Para el caso de la longitud de las líneas de aparcamiento, se han sumado todas las longitudes de los aparcamientos de cada calle. La ecuación característica que obtenemos es  $y = 0,007x + 54,484$  con un  $R^2 = 0,0955$ , entonces en valor de R será 0,3090, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la longitud de las líneas de aparcamiento nos da un valor de  $p < 0,005$ , siendo significativo al 99,5%.



Gráfica 3.12.- Correlación entre nivel equivalente y el tipo de pavimento de la calle

La ecuación característica es  $y = -0,9641x + 57,051$  con un  $R^2 = 0,0351$ , entonces el valor de R será 0,1873, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y el tipo de pavimento de las calles nos da una correlación no significativa.

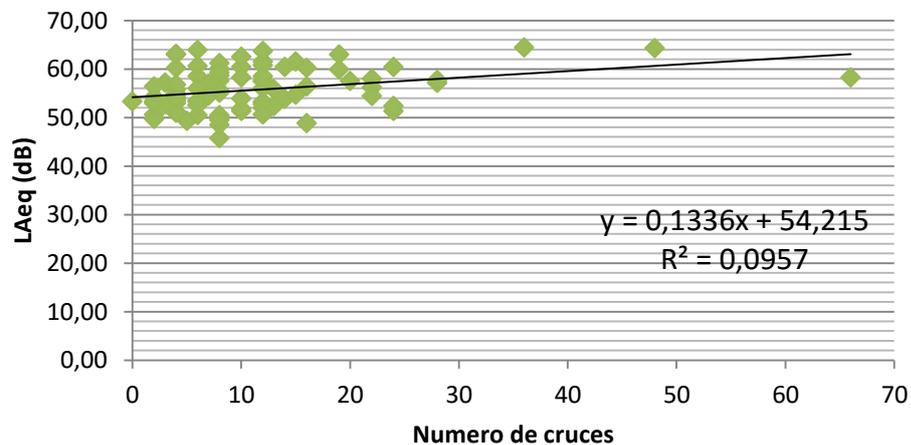
### LAeq-Pasos de peatones



Gráfica 3.13.- Correlación entre nivel equivalente y el número de pasos de peatones en la calle

La ecuación característica que se ha obtenido es  $y = 1,0416x + 54,884$  con un  $R^2 = 0,1867$ , entonces en valor de R será 0,4321, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y el número de pasos de peatones que hay en cada calle nos da un valor de  $p < 0,005$ , es decir, tenemos una correlación significativa al 99,5%.

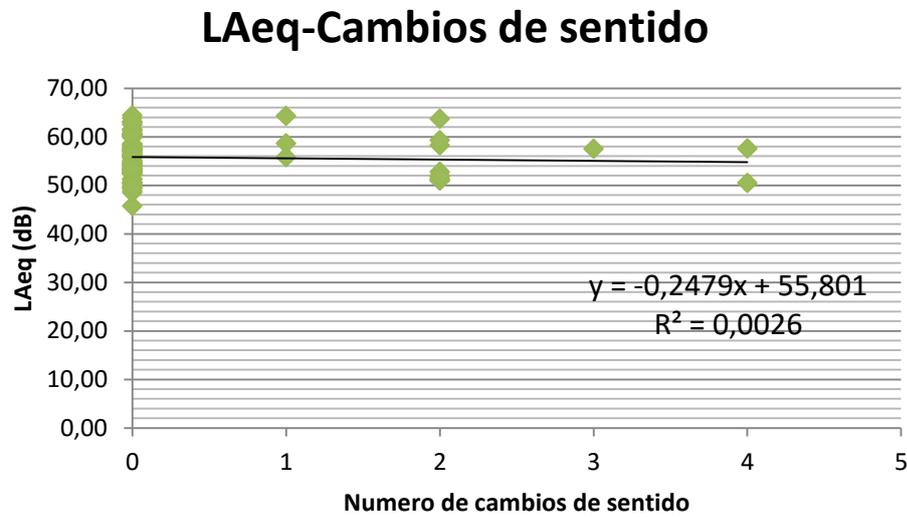
### LAeq-Cruces



Gráfica 3.1-14.- Correlación entre nivel equivalente y el número de cruces en la calle

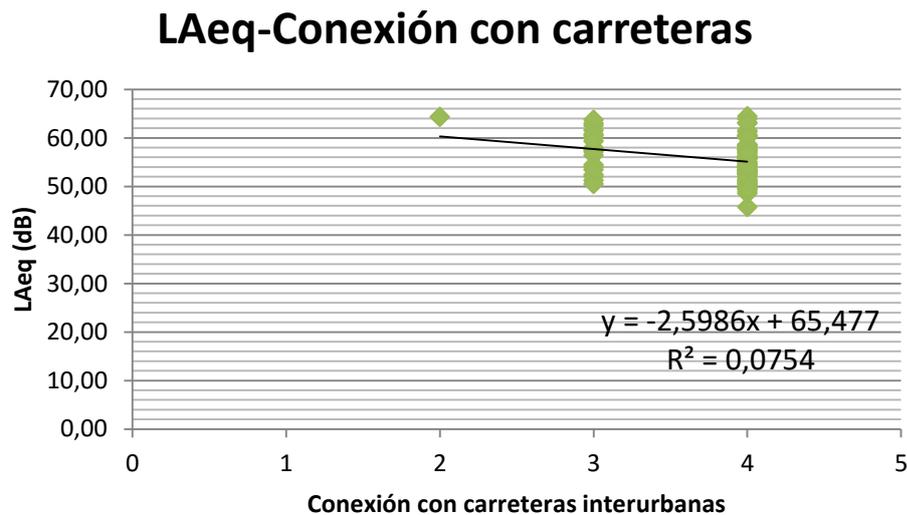
Para el caso de los cruces, se han sumado todos los cruces, ya sean en un sentido o en otro, de cada calle. La ecuación característica que obtenemos es  $y = 0,1336x + 54,215$  con un  $R^2 = 0,0957$ , entonces en valor de R será 0,3093, es decir,

la relación entre el  $L_{Aeq}$  y el número de cruces nos un valor de  $p < 0,005$ , siendo significativo al 99,5%.



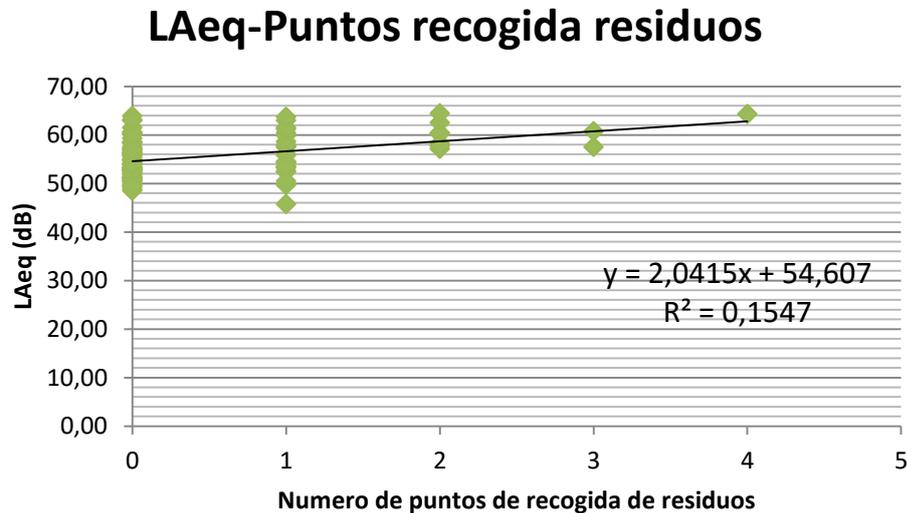
Gráfica 3.15.- Correlación entre nivel equivalente y el número de cambios de sentido en la calle

Para el caso de los cambios de sentido, se han sumado todos los cambios de sentido de cada calle. La ecuación característica que obtenemos es  $y = -0,2479x + 55,801$  con un  $R^2 = 0,0026$ , entonces en valor de R será 0,1612, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y el número de cambios de sentido nos da una correlación no significativa.



Gráfica 3.16.- Correlación entre nivel equivalente y la conexión con carreteras interurbanas

La ecuación característica que se ha obtenido es  $y = -2,5986x + 65,477$  con un  $R^2 = 0,754$ , entonces en valor de R será 0,2746, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y la conexión de cada calle con vías interurbanas nos da un valor de  $p < 0,025$ , es decir, tenemos una correlación significativa al 97,5%.



Gráfica 3.17.- Correlación entre nivel equivalente y el número de puntos de recogida de residuos en la calle

La ecuación característica que se ha obtenido es  $y = 2,0415x + 54,607$  con un  $R^2 = 0,1547$ , entonces en valor de R será 0,3933, es decir, la relación entre el  $L_{Aeq}$  y el número de puntos de recogida de residuos en cada calle, nos un valor de  $p < 0,005$ , siendo significativo al 99,5%.

### 3.2.- Medidas “in situ”

Las medidas “in situ” que se han realizado, las hemos dividido en medidas de mañana y medidas de tarde, también se ha hecho la media aritmética de ambas medidas.

#### 3.2.1.- Mapa y medidas de mañana

El nivel  $L_{Aeq}$  obtenido en el horario de mañana para las 87 calles de la localidad ha sido el siguiente:

CALLE	L <sub>Aeq</sub> (dB)
CARRETERA C-523	64,3
CARLOS BARRIGA	65,1
JOSÉ FRAGOSO LUCAS	63,9
MENARDO CERVERA	60,7
SAN ANTÓN	62,5
SAN SEBASTIÁN	62,8
VIRGEN DE GUADALUPE	64,5
CARRETERA DE ALISEDA	64,3
BARRIAL DE SANTA ANA	57,0
PLAZA DE LA CONSTITUCION	58,3
PLAZA DIVINO MORALES	59,5
DOCTOR FELIX RODRÍGUEZ DE LA FUENTE	61,8
FRANCISCO PIZARRO	56,0
JOAQUÍN COSTA	61,0
AVENIDA JUAN CARLOS I	62,2
JUAN MUÑOZ CHÁVES	62,1
LOS ROSALES	60,4
LUIS CHÁVEZ	61,8
MIGUEL HERNÁNDEZ	63,3
NUEVA	53,3
PARRA	64,2
RAFAEL CHAPARRO	63,5
REGAJAL	62,1
PLAZA SAN SEBASTIAN	61,2
VIRGEN DE LA LUZ	60,8
CASTILLO	65,8
CHARCA	59,9
CONCEJO	58,2
CONVENTO	51,8
CRUCES	53,5

ESCUELAS GRADUADAS	58,9
POZO DE HAMBRE	62,9
SAN ESTEBAN	59,2
SAN FRANCISCO	57,4
SAN GREGORIO	54,9
SAN MARCOS	58,2
TENERIAS	60,2
ALBUERA	54,0
ANTONIO MACHADO	55,3
CÁCERES	50,5
CAMBEROS	50,8
CAROLINA CORONADO	50,5
CASAS NUEVAS	61,6
CASTAÑEDA	60,3
CASTILLEJOS	55,0
CASTIMA	51,4
CHARCA GRANDE	59,9
COLÓN	53,3
CUESTA	59,0
DEMOCRACIA	52,1
DERECHOS HUMANOS	57,6
DUEÑAS	60,3
DOCTOR FLEMING	47,2
ESCOBAR	60,7
PLAZA DE ESPAÑA	60,5
FLORENCIO GARCÍA RUBIO	50,9
GABINO GRACIA	54,0
GABRIEL Y GALÁN	54,6
GALLEGOS	57,1
GERMÁN PETIT	55,1
HERMANOS CABA	57,5
HERNÁN CORTES	47,2
HILACHA	53,0

HUERTAS	46,8
HUERTO PLATA	66,5
IGUALDAD	57,5
URBANIZACIÓN LAS ACACIAS	54,9
MATAMOROS	55,9
MIGUEL DE CERVANTES	46,7
OLLEROS	53,0
OSCURA	56,3
PABLO NERUDA	52,4
QUEBRADA	59,2
QUINEA	52,9
BARRIADA REINA SOFÍA	52,3
RICOS	56,4
RIGOBERTA MENCHU	55,2
RONDA CONCEJO	59,5
SALVADOR ALLENDE	49,1
SAN BLAS	55,7
SAN PEDRO DE ALCANTARA	53,7
SANTA ANA	60,7
SANTA ELENA	54,2
SANTA TERESA DE JESÚS	58,0
SANTOS SALOMÓN	54,4
SOLEDAD	54,1
VALENCIA	52,2

*Tabla 3.1 – Nivel equivalente de mañana*

El orden de clasificación de las calles, es según el tipo de vía, como se ha visto en el método de categorización de calles. Primeramente las vías de tipo 1 (color naranja), hasta las vías de tipo 5 (color amarillo)

A continuación se muestra su representación en el mapa de la localidad:



**Imagen 3.1 - Mapa de medidas en horario de mañana**

El plano se encuentra dividido en sectores y a continuación se van a mostrar más detalladamente cada uno de ellos:

## Sector 1



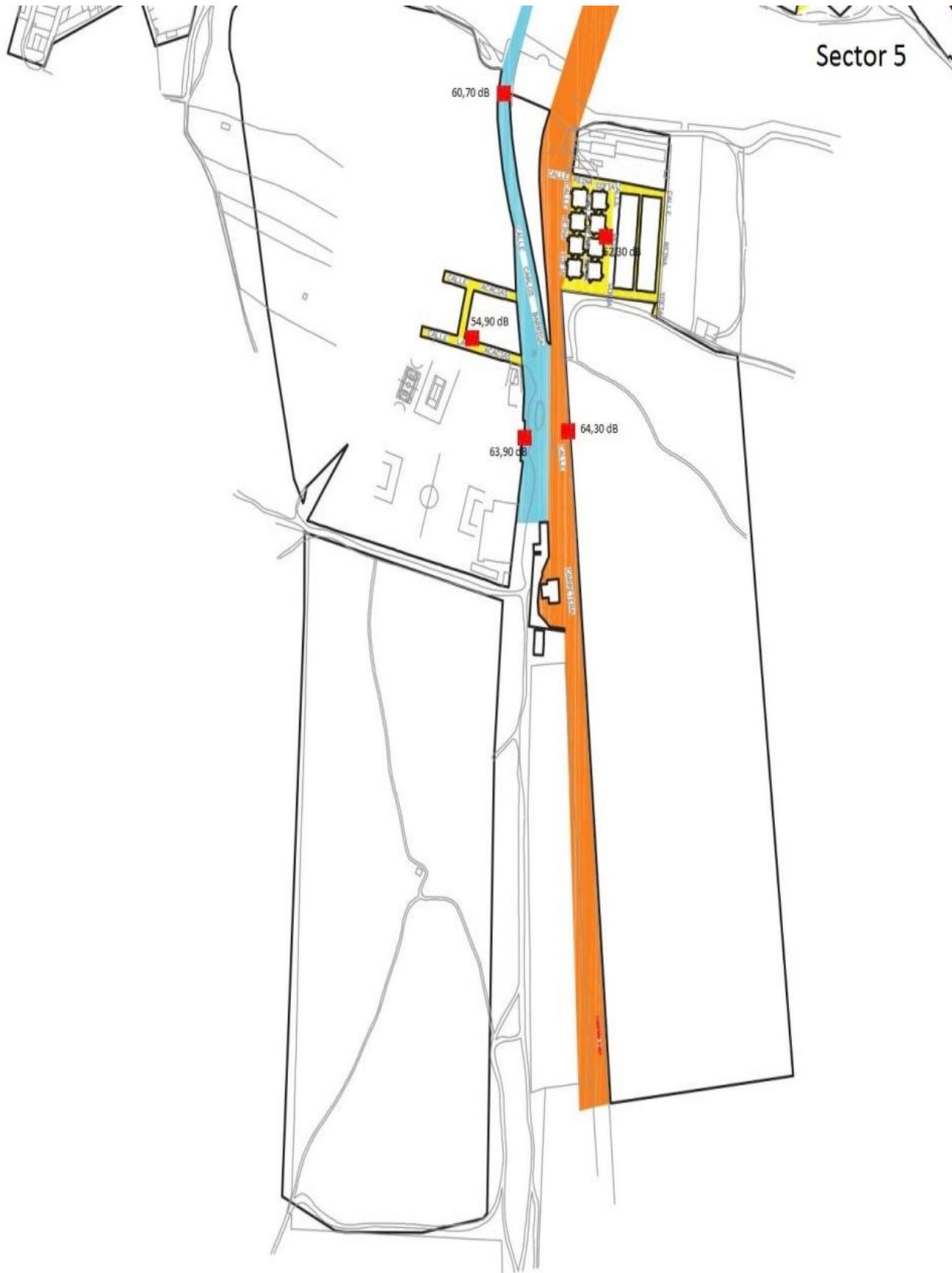
## Sector 2







Sector 4



### 3.2.2.- Mapa y medidas de tarde

El nivel  $L_{Aeq}$  medido para el horario de tarde en las 87 calles de la localidad ha sido el siguiente:

CALLE	$L_{Aeq}$ (dB)
CARRETERA C-523	63,4
CARLOS BARRIGA	62,8
JOSÉ FRAGOSO LUCAS	64,9
MENARDO CERVERA	61,6
SAN ANTÓN	59,0
SAN SEBASTIÁN	58,4
VIRGEN DE GUADALUPE	60,0
CARRETERA DE ALISEDA	63,0
BARRIAL DE SANTA ANA	57,3
PLAZA DE LA CONSTITUCION	59,1
PLAZA DIVINO MORALES	55,4
DOCTOR FELIX RODRÍGUEZ DE LA FUENTE	64,7
FRANCISCO PIZARRO	55,4
JOAQUÍN COSTA	64,4
AVENIDA JUAN CARLOS I	61,1
JUAN MUÑOZ CHÁVES	59,4
LOS ROSALES	58,4
LUIS CHÁVEZ	60,6
MIGUEL HERNÁNDEZ	60,6
NUEVA	61,0
PARRA	60,3
RAFAEL CHAPARRO	57,6
REGAJAL	64,5
PLAZA SAN SEBASTIAN	59,1
VIRGEN DE LA LUZ	67,0
CASTILLO	61,7
CHARCA	60,8
CONCEJO	58,1

CONVENTO	50,8
CRUCES	50,5
ESCUELAS GRADUADAS	58,8
POZO DE HAMBRE	58,5
SAN ESTEBAN	62,8
SAN FRANCISCO	68,5
SAN GREGORIO	52,1
SAN MARCOS	54,6
TENERIAS	59,8
ALBUERA	52,3
ANTONIO MACHADO	52,3
CÁCERES	51,7
CAMBEROS	50,4
CAROLINA CORONADO	48,8
CASAS NUEVAS	55,4
CASTAÑEDA	58,1
CASTILLEJOS	49,5
CASTIMA	49,5
CHARCA GRANDE	60,8
COLÓN	49,1
CUESTA	52,1
DEMOCRACIA	48,2
DERECHOS HUMANOS	48,0
DUEÑAS	51,6
DOCTOR FLEMING	54,7
ESCOBAR	48,2
PLAZA DE ESPAÑA	58,0
FLORENCIO GARCÍA RUBIO	55,1
GABINO GRACIA	52,5
GABRIEL Y GALÁN	50,5
GALLEGOS	46,5
GERMÁN PETIT	54,4
HERMANOS CABA	56,8

HERNÁN CORTES	54,7
HILACHA	52,3
HUERTAS	44,5
HUERTO PLATA	59,6
IGUALDAD	47,4
URBANIZACIÓN LAS ACACIAS	52,0
MATAMOROS	54,2
MIGUEL DE CERVANTES	50,2
OLLEROS	69,6
OSCURA	50,2
PABLO NERUDA	47,2
QUEBRADA	48,7
QUINEA	48,7
BARRIADA REINA SOFÍA	48,6
RICOS	54,2
RIGOBERTA MENCHU	56,4
RONDA CONCEJO	53,0
SALVADOR ALLENDE	54,4
SAN BLAS	53,6
SAN PEDRO DE ALCANTARA	54,2
SANTA ANA	52,0
SANTA ELENA	53,5
SANTA TERESA DE JESÚS	55,5
SANTOS SALOMÓN	44,2
SOLEDAD	51,7
VALENCIA	47,1

*Tabla 3.2 – Nivel equivalente de tarde*

A continuación se muestra su representación en el mapa de la localidad:

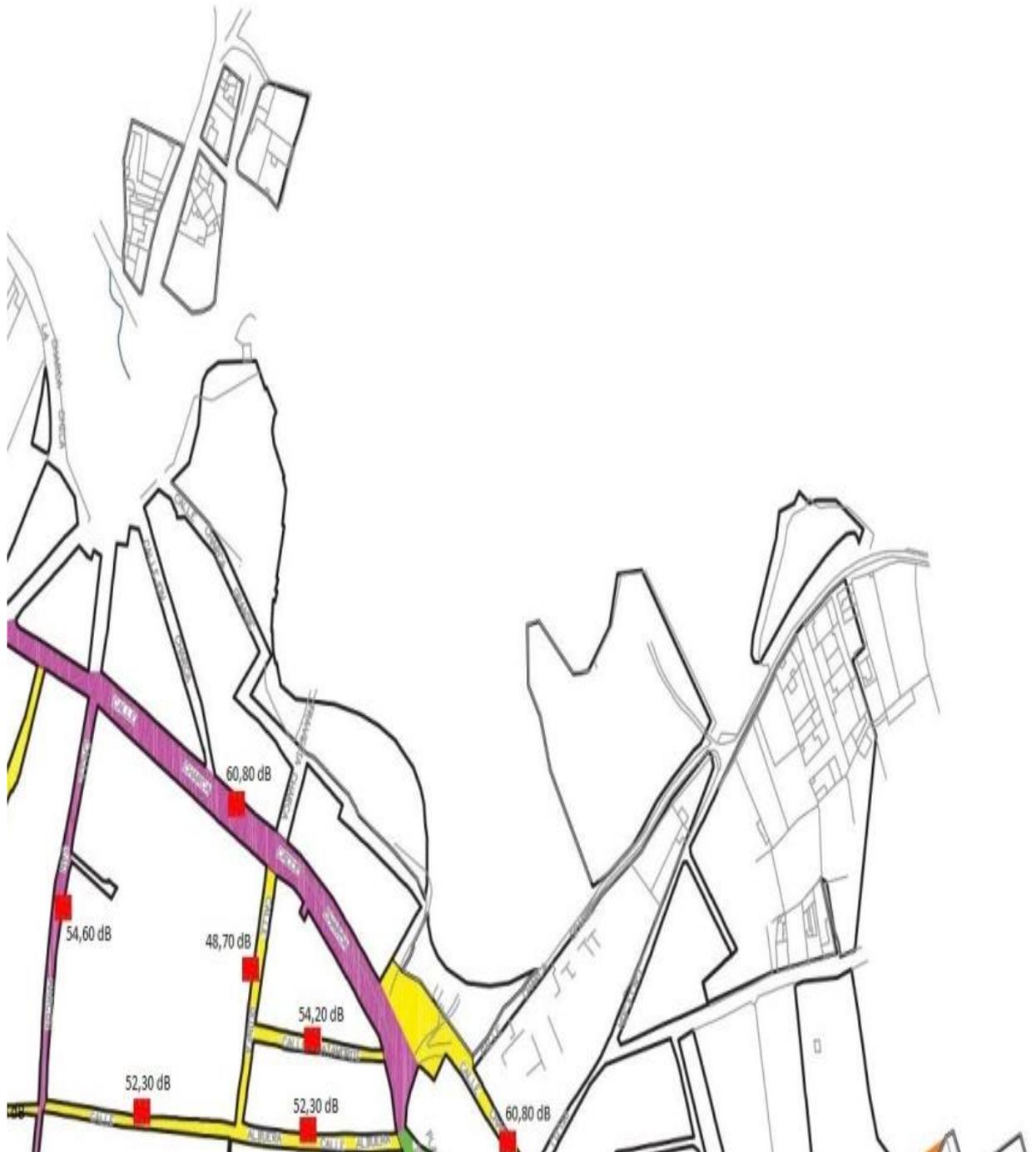


Imagen 3.2 - Mapa de medidas en horario de tarde

El plano se encuentra dividido en sectores y a continuación se van a mostrar más detalladamente cada uno de ellos:

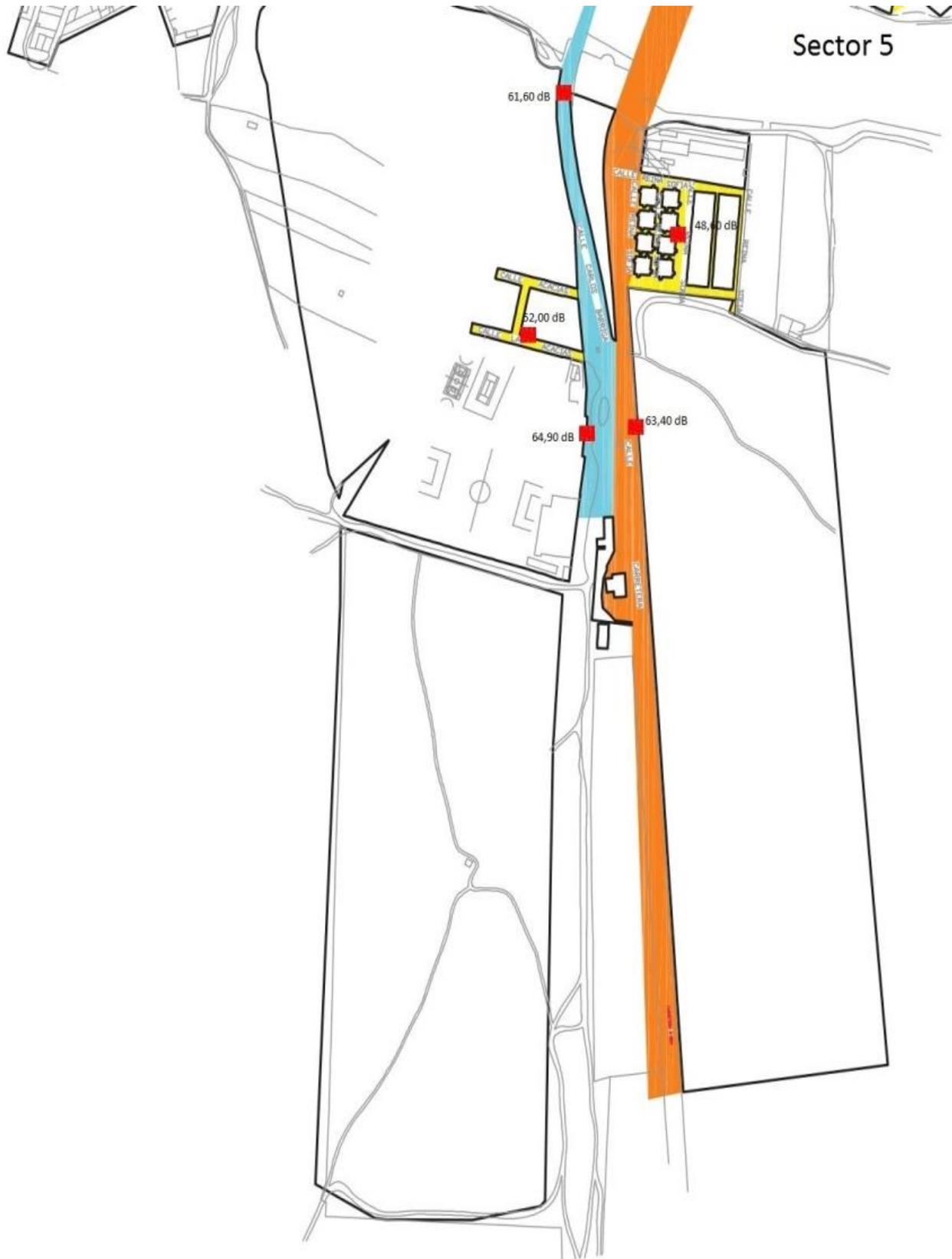


## Sector 2









### 3.2.3.- Mapa y media aritmética de medidas

La media aritmética de las 87 medidas de mañana y tarde es la siguiente:

CALLE	LAeq (dB)
CARRETERA C-523	64,3
CARLOS BARRIGA	61,5
JOSÉ FRAGOSO LUCAS	60,4
MENARDO CERVERA	60,4
SAN ANTÓN	58,0
SAN SEBASTIÁN	61,5
VIRGEN DE GUADALUPE	59,9
CARRETERA DE ALISEDA	58,2
BARRIAL DE SANTA ANA	57,0
PLAZA DE LA CONSTITUCION	58,6
PLAZA DIVINO MORALES	57,5
DOCTOR FELIX RODRÍGUEZ DE LA FUENTE	63,0
FRANCISCO PIZARRO	56,0
JOAQUÍN COSTA	63,0
AVENIDA JUAN CARLOS I	60,4
JUAN MUÑOZ CHÁVES	58,5
LOS ROSALES	60,1
LUIS CHÁVEZ	61,2
MIGUEL HERNÁNDEZ	62,5
NUEVA	57,5
PARRA	56,2
RAFAEL CHAPARRO	60,6
REGAJAL	60,7
PLAZA SAN SEBASTIAN	57,6
VIRGEN DE LA LUZ	63,9
CASTILLO	64,4
CHARCA	60,2
CONCEJO	58,2
CONVENTO	51,3

CRUCES	52,0
ESCUELAS GRADUADAS	55,8
POZO DE HAMBRE	57,1
SAN ESTEBAN	63,7
SAN FRANCISCO	48,8
SAN GREGORIO	54,2
SAN MARCOS	57,5
TENERIAS	57,7
ALBUERA	53,2
ANTONIO MACHADO	53,8
CÁCERES	52,4
CAMBEROS	50,6
CAROLINA CORONADO	49,7
CASAS NUEVAS	58,5
CASTAÑEDA	56,4
CASTILLEJOS	52,3
CASTIMA	50,5
CHARCA GRANDE	60,2
COLÓN	51,2
CUESTA	55,6
DEMOCRACIA	50,2
DERECHOS HUMANOS	52,8
DUEÑAS	56,0
DOCTOR FLEMING	51,0
ESCOBAR	54,5
PLAZA DE ESPAÑA	59,3
FLORENCIO GARCÍA RUBIO	53,0
GABINO GRACIA	53,3
GABRIEL Y GALÁN	52,6
GALLEGOS	51,3
GERMÁN PETIT	54,9
HERMANOS CABA	57,2
HERNÁN CORTES	51,0

HILACHA	52,7
HUERTAS	45,7
HUERTO PLATA	63,1
IGUALDAD	52,5
URBANIZACIÓN LAS ACACIAS	53,5
MATAMOROS	55,1
MIGUEL DE CERVANTES	48,5
OLLEROS	53,0
OSCURA	53,3
PABLO NERUDA	49,8
QUEBRADA	54,0
QUINEA	50,6
BARRIADA REINA SOFÍA	50,5
RICOS	53,3
RIGOBERTA MENCHU	55,8
RONDA CONCEJO	54,2
SALVADOR ALLENDE	51,8
SAN BLAS	54,7
SAN PEDRO DE ALCANTARA	54,4
SANTA ANA	56,4
SANTA ELENA	53,9
SANTA TERESA DE JESÚS	56,8
SANTOS SALOMÓN	49,3
SOLEDAD	53,4
VALENCIA	49,5

*Tabla 3.3 – Nivel equivalente medio de mañana y tarde*

A continuación se muestra su representación en el mapa de la localidad:

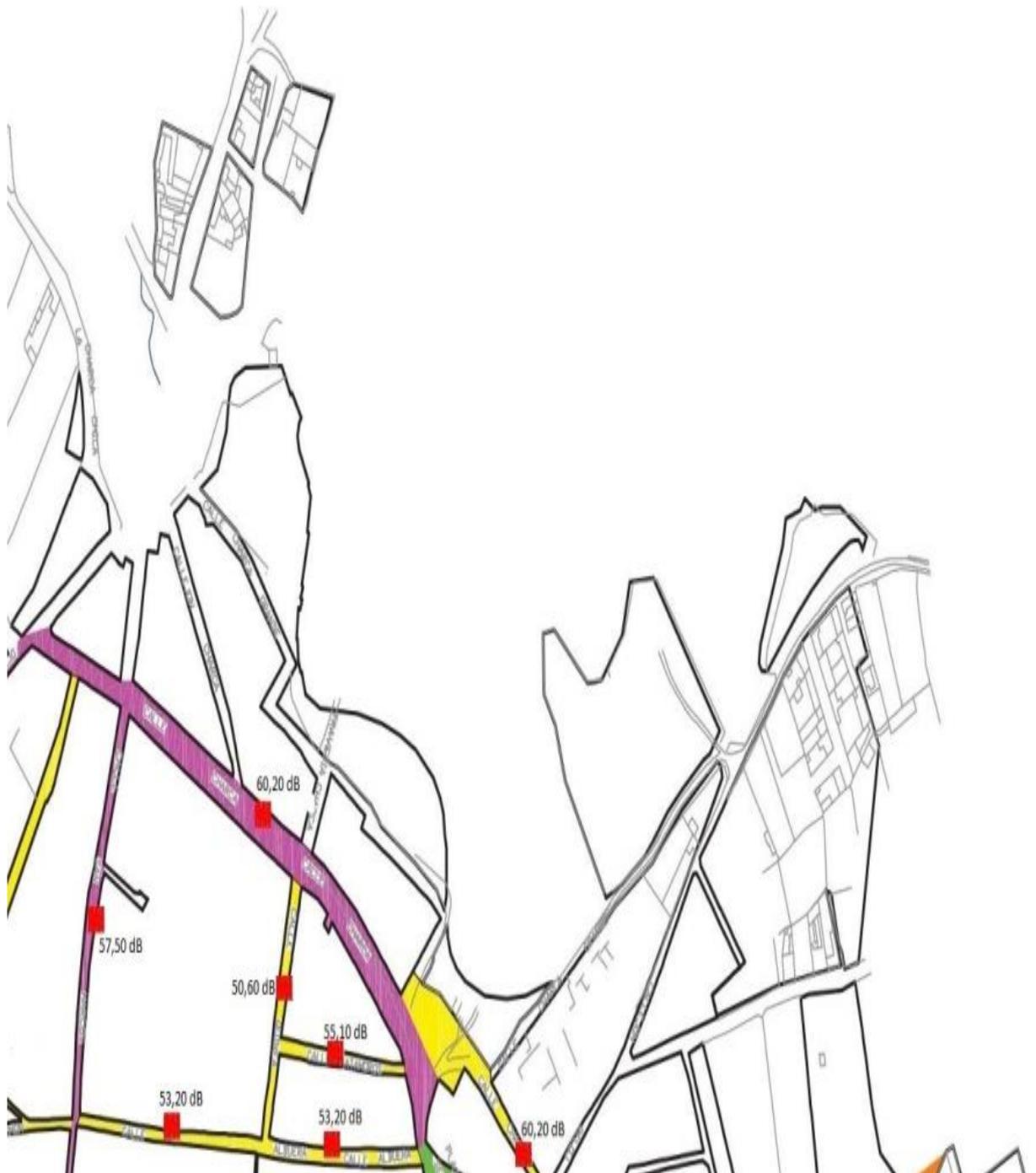


**Imagen 3.3 - Mapa de media aritmética de medidas entre horario de mañana y tarde**

El plano se encuentra dividido en sectores y a continuación se van a mostrar más detalladamente cada uno de ellos:

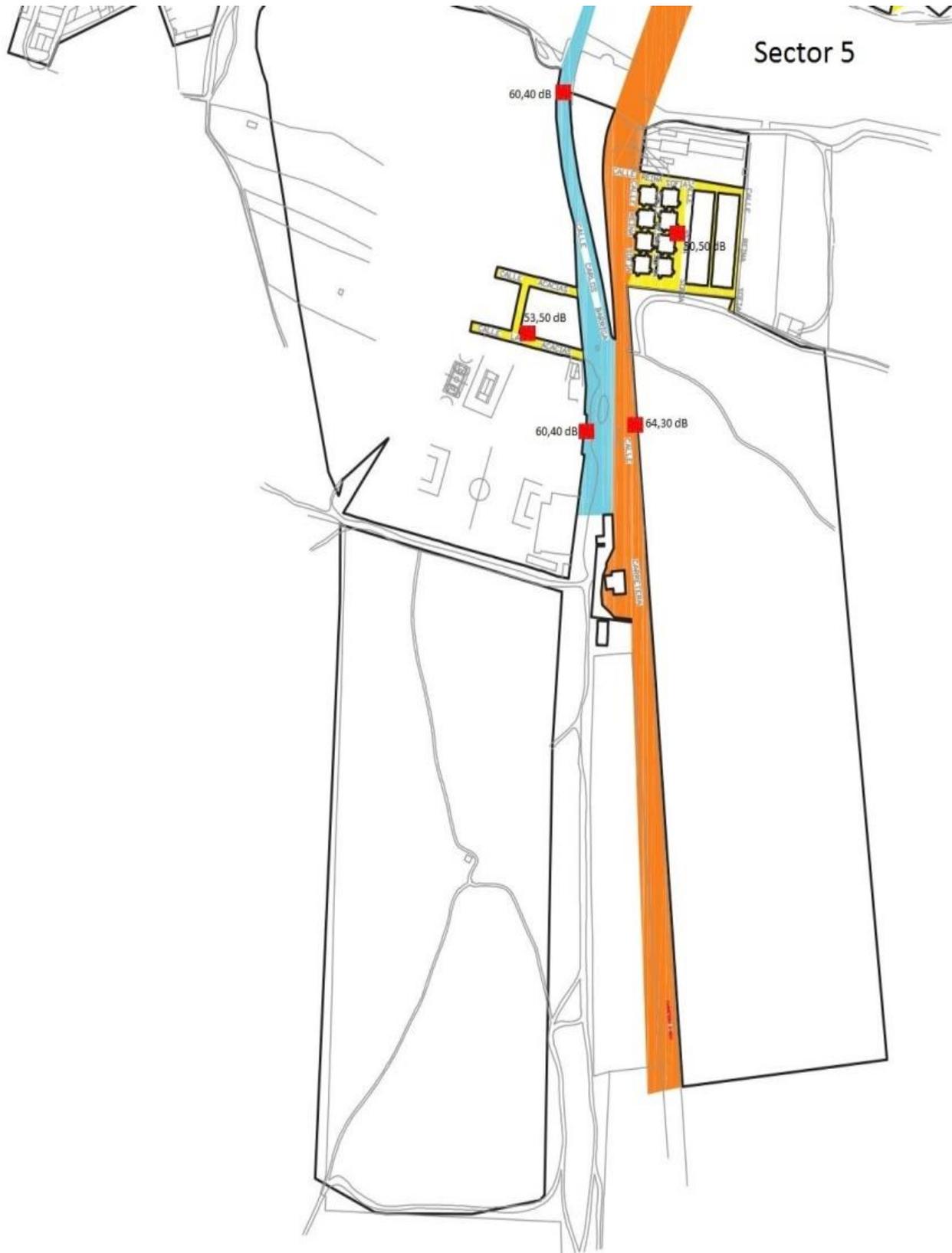


## Sector 2









Por último vamos a calcular el nivel equivalente medio (mañana, tarde y mañana-tarde) según el tipo, por su categorización, de cada calle. Y pasaremos a compararlo con la normativa Extremeña y la Nacional.

	<b>L<sub>Aeq</sub> (dB) Mañana</b>	<b>L<sub>Aeq</sub> (dB) Tarde</b>	<b>L<sub>Aeq</sub> (dB) Mañana-Tarde</b>
<b>Tipo 1</b>	64,3±0	63,4±0	63,8±0,4
<b>Tipo 2</b>	63,2±1,5	61,0±2,4	60,2±1,2
<b>Tipo 3</b>	60,5±2,9	60,3±3,2	59,4±2,4
<b>Tipo 4</b>	58,1±3,8	57,6±5,3	56,3±4,7
<b>Tipo 5</b>	54,6±4,2	51,8±4,4	53,1±3,1

*Tabla 3.4 – Niveles equivalente medios según el tipo de calle*

Se observa que los niveles más altos se dan para las vías de tipo 1 y los más bajos para las de tipo 5, al igual que el nivel por la mañana es superior al nivel medido por la tarde.

Si comparamos estos valores con los que nos da la normativa Nacional, recogida en el Real Decreto 1367/2007, el cual nos dice que el índice de ruido tanto de día como de tarde no debe superar los 65 dBA. En nuestro caso, el nivel equivalente medio de las calles no los supera. Pero esto no quiere decir, que en alguna calle tengamos un nivel superior a los 65 dBA. [4]

Al compararlos con la normativa extremeña, recogida en el Decreto 19/1997, no se deben superar los 60 dBA. Para nuestro caso, este nivel solo es superado en las vías de tipo 1, 2 y ocasionalmente en las de tipo 3, ya que al ser la carretera principal de comunicación de la localidad el tránsito de vehículos es mayor. Pero del mismo modo que hemos dicho antes, en el resto de calles puede existir un nivel superior al límite establecido. [5]

### **3.2.4.- Niveles percentiles**

A continuación se van a presentar los niveles percentiles medidos en las calles de la localidad.

Los niveles percentiles obtenidos para el horario de mañana en las 52 calles, han sido los siguientes:

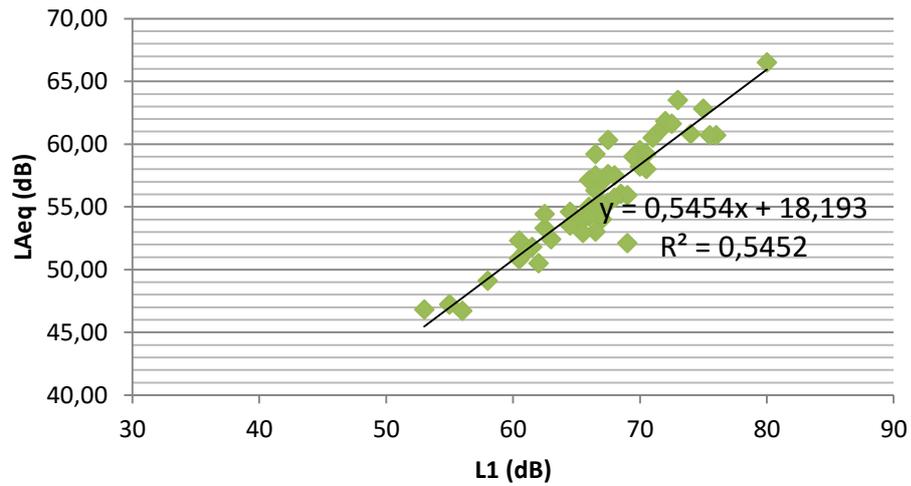
CALLE	L <sub>Aeq</sub> (dB)	L1	L10	L50	L90	L99
SAN SEBASTIÁN	62,8	75,0	66,0	53,5	48,0	45,0
BARRIAL DE SANTA ANA	57,0	67,0	60,0	52,0	43,5	40,5
PLAZA DIVINO MORALES	59,5	70,0	62,5	50,0	45,0	42,0
FRANCISCO PIZARRO	56,0	68,5	55,5	47,5	42,0	38,5
JOAQUÍN COSTA	61,0	71,5	65,5	54,0	47,0	43,5
LUIS CHÁVEZ	61,8	72,0	65,5	53,5	43,5	39,0
RAFAEL CHAPARRO	63,5	73,0	65,0	59,0	49,5	44,0
VIRGEN DE LA LUZ	60,8	74,0	62,0	51,0	43,0	39,5
CONCEJO	58,2	70,0	59,5	49,0	40,5	36,0
CONVENTO	51,8	61,5	54,0	48,5	44,5	42,0
CRUCES	53,5	64,5	55,5	50,0	46,0	43,5
SAN ESTEBAN	59,2	70,5	62,0	51,5	45,0	41,5
ALBUERA	54,0	67,0	53,0	46,0	40,0	37,0
ANTONIO MACHADO	55,3	67,5	52,0	44,5	40,0	39,0
CAMBEROS	50,8	60,5	50,5	46,0	41,5	39,0
CAROLINA CORONADO	50,5	62,0	51,5	46,5	42,0	39,0
CASAS NUEVAS	61,6	72,5	62,0	52,0	46,5	43,0
CASTILLEJOS	55,0	66,0	58,0	48,0	42,5	38,0
CASTIMA	51,4	61,0	55,0	46,5	39,5	35,5
COLÓN	53,3	62,5	58,0	46,5	40,0	37,0
CUESTA	59,0	69,5	58,0	49,5	43,5	39,5
DEMOCRACIA	52,1	69,0	54,5	47,0	42,0	39,5
DERECHOS HUMANOS	57,6	67,5	61,5	49,5	43,0	39,0
DUEÑAS	60,3	67,5	51,5	44,0	38,5	36,5
DOCTOR FLEMING	47,2	55,0	50,0	45,0	41,0	39,5
ESCOBAR	60,7	76,0	58,5	47,0	38,5	34,0
ESPAÑA	60,5	71,0	65,0	48,5	41,5	38,0
FLORENCIO GARCÍA RUBIO	50,9	60,5	53,5	47,0	42,5	39,5
GABINO GRACIA	54,0	65,5	55,5	47,5	40,5	37,0
GABRIEL Y GALÁN	54,6	64,5	55,5	47,5	40,0	35,0
GALLEGOS	57,1	66,0	62,5	46,0	38,5	34,5
HERMANOS CABA	57,5	66,5	57,0	46,0	40,5	38,0

HERNÁN CORTES	47,2	55,0	50,0	45,0	41,0	39,5
HILACHA	53,0	66,5	50,5	43,5	40,0	37,0
HUERTAS	46,8	53,0	49,5	45,0	41,0	38,5
HUERTO PLATA	66,5	80,0	65,0	52,0	43,5	39,0
IGUALDAD	57,5	68,0	60,0	48,0	43,5	41,0
URBANIZACION LAS ACACIAS	54,9	66,5	55,0	48,5	44,0	41,5
MATAMOROS	55,9	69,0	54,5	45,5	42,0	40,0
MIGUEL DE CERVANTES	46,7	56,0	48,5	43,5	40,8	38,5
OSCURA	56,3	66,5	58,0	48,0	41,5	38,0
PABLO NERUDA	52,4	63,0	54,0	48,0	43,5	41,5
QUEBRADA	59,2	66,5	55,5	46,0	40,0	36,5
QUINEA	52,9	65,5	53,5	47,5	43,0	40,5
BARRIADA REINA SOFÍA	52,3	60,5	50,0	45,5	42,0	40,0
RIGOBERTA MENCHU	55,2	67,0	58,5	47,5	42,5	39,5
SALVADOR ALLENDE	49,1	58,0	52,0	45,5	41,0	39,0
SAN BLAS	55,7	68,0	54,5	47,0	41,0	37,5
SANTA ANA	60,7	75,5	56,5	48,5	42,5	38,0
SANTA ELENA	54,2	66,0	55,0	47,0	40,5	39,5
SANTA TERESA DE JESÚS	58,0	70,5	60,0	50,0	45,0	41,5
SANTOS SALOMÓN	54,4	62,5	57,0	48,5	43,0	39,0

*Tabla 3.5 – Niveles percentiles de mañana*

A continuación, se va a realizar una correlación de variables entre el nivel equivalente,  $L_{Aeq}$ , de mañana con los distintos niveles percentiles que se han obtenido por cada calle.

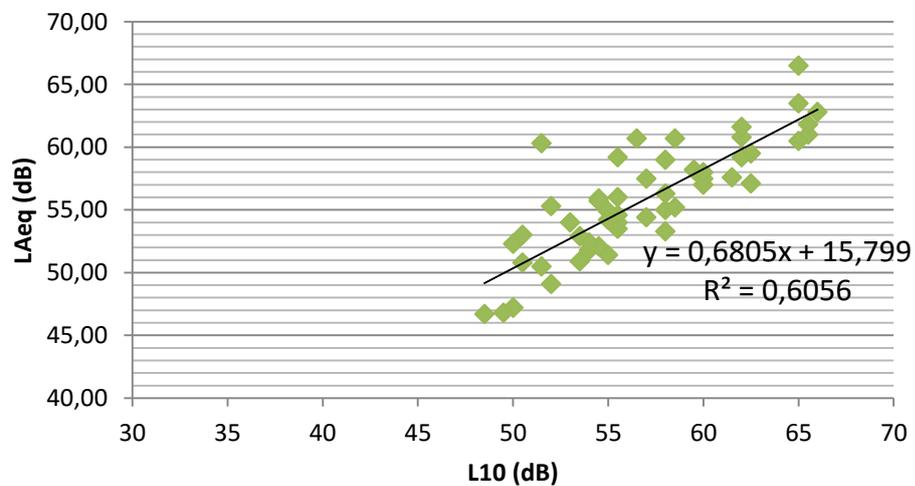
## Percentil 1 Mañana



Gráfica 3.18 - Nivel percentil 1 de mañana

Como  $R^2 = 0,5452$ , entonces  $R = 0,7384$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

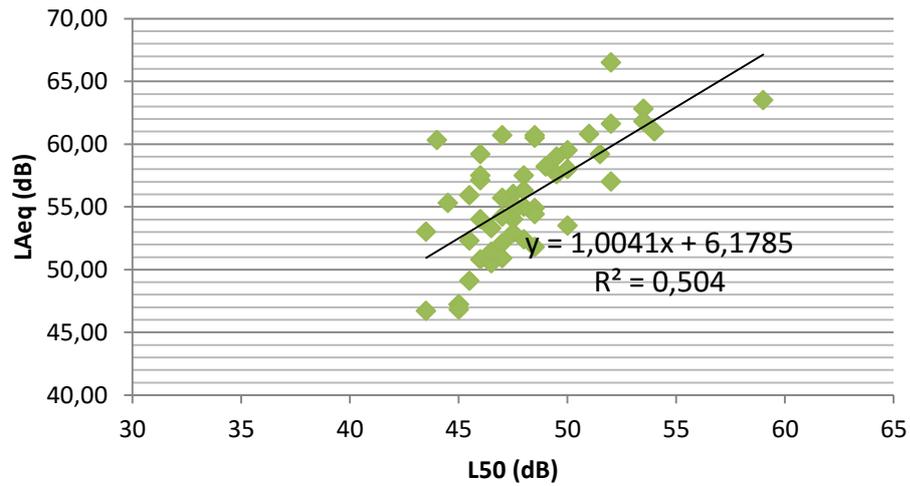
## Percentil 10 Mañana



Gráfica 3.19 - Nivel percentil 10 de mañana

Como  $R^2 = 0,6056$ , entonces  $R = 0,7782$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

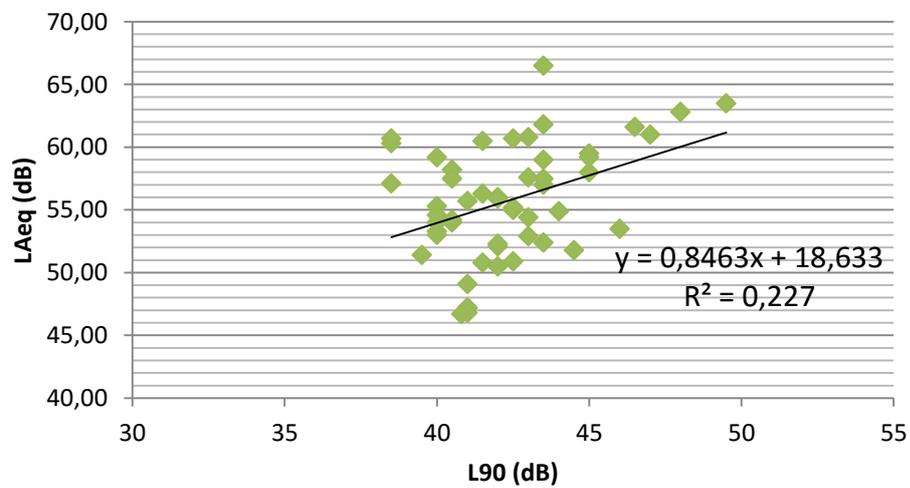
### Percentil 50 Mañana



Gráfica 3.20 - Nivel percentil 50 de mañana

Como  $R^2 = 0,504$ , entonces  $R = 0,7099$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

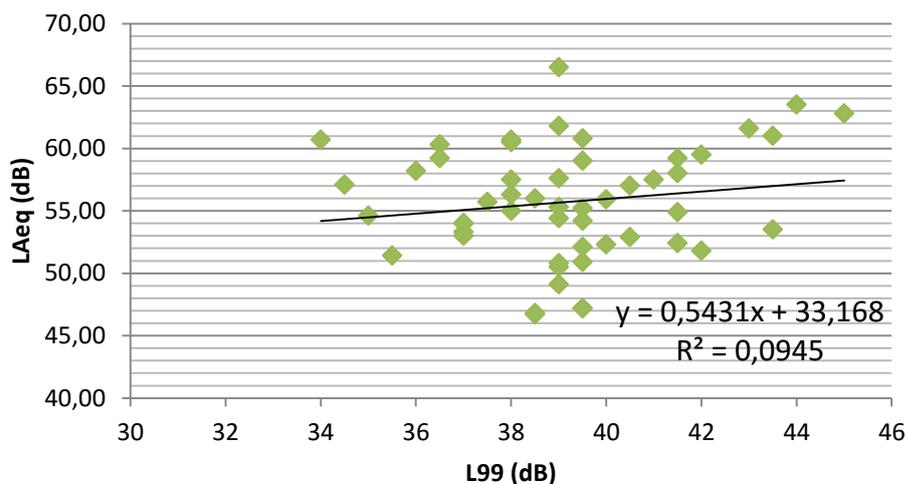
### Percentil 90 Mañana



Gráfica 3.21 - Nivel percentil 90 de mañana

Como  $R^2 = 0,227$ , entonces  $R = 0,4764$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

## Percentil 99 Mañana



Gráfica 3.22 - Nivel percentil 99 de mañana

Como  $R^2 = 0,0945$ , entonces  $R = 0,3074$ , lo que nos da una significatividad del 97,5%.

Podemos observar como la dispersión de los datos es mayor cuanto más grande es el nivel percentil que estamos comparando, lo cual influye en la significatividad.

Los niveles percentiles que se han medido para el horario de tarde en las 52 calles, han sido los siguientes:

CALLE	L <sub>Aeq</sub> (dB)	L1	L10	L50	L90	L99
SAN SEBASTIÁN	58,4	70,5	61,5	49,0	43,5	41,0
BARRIAL DE SANTA ANA	57,3	67,5	61,0	50,5	42,0	38,0
PLAZA DIVINO MORALES	55,4	68,0	57,0	48,5	43,0	40,0
FRANCISCO PIZARRO	56,0	69,0	57,0	43,5	36,0	33,5
JOAQUÍN COSTA	64,4	73,5	66,0	55,5	48,5	44,0
LUIS CHÁVEZ	60,6	72,5	63,0	49,0	41,4	37,5
RAFAEL CHAPARRO	57,6	69,5	66,5	48,5	42,5	40,5
VIRGEN DE LA LUZ	67,0	76,0	66,5	54,5	45,5	39,5
CONCEJO	58,1	70,0	60,5	49,0	42,5	37,5
CONVENTO	50,8	61,5	53,0	45,5	41,0	39,5

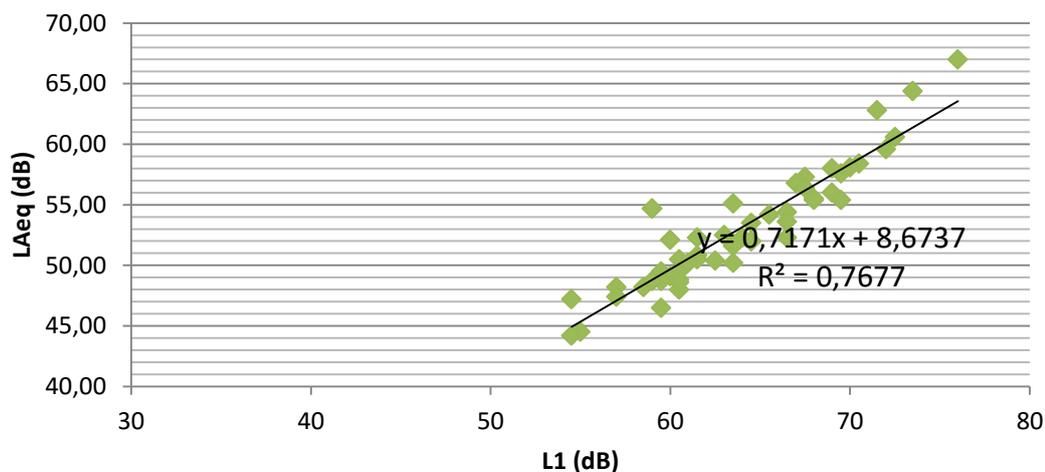
CRUCES	50,5	60,5	53,5	46,0	41,0	37,0
SAN ESTEBAN	62,8	71,5	63,5	52,0	44,0	42,0
ALBUERA	52,3	64,0	52,0	42,0	37,0	34,5
ANTONIO MACHADO	52,3	66,5	51,5	39,5	34,5	33,5
CAMBEROS	50,4	62,5	52,0	42,0	37,0	34,5
CAROLINA CORONADO	48,8	60,5	49,0	43,5	40,0	37,0
CASAS NUEVAS	55,4	69,5	55,0	45,0	37,5	33,5
CASTILLEJOS	49,5	59,5	52,5	45,0	38,0	32,5
CASTIMA	49,5	60,5	51,0	43,0	37,5	34,5
COLÓN	49,1	60,0	52,0	43,0	38,0	35,5
CUESTA	52,1	60,0	53,0	45,0	37,5	34,0
DEMOCRACIA	48,2	58,5	52,5	42,0	37,0	35,0
DERECHOS HUMANOS	48,0	60,5	47,5	41,0	37,0	34,0
DUEÑAS	51,6	63,5	51,5	42,0	38,5	35,5
DOCTOR FLEMING	54,7	59,0	52,5	46,5	41,0	38,5
ESCOBAR	48,2	57,0	51,0	45,5	40,5	37,5
ESPAÑA	58,0	69,0	62,0	46,5	40,5	37,0
FLORENCIO GARCÍA RUBIO	55,1	63,5	59,5	50,5	43,0	38,0
GABINO GRACIA	52,5	63,0	56,0	45,5	36,5	33,5
GABRIEL Y GALÁN	50,5	61,5	52,0	45,0	41,5	40,5
GALLEGOS	46,5	59,5	46,5	40,0	35,0	31,0
HERMANOS CABA	56,8	67,0	61,5	48,5	40,0	37,0
HERNÁN CORTES	54,7	59,0	52,5	46,5	41,0	38,5
HILACHA	52,3	61,5	52,5	45,0	40,5	37,5
HUERTAS	44,5	55,0	46,5	39,0	35,5	32,5
HUERTO PLATA	59,6	72,0	59,5	48,5	43,5	41,5
IGUALDAD	47,4	57,0	50,5	43,5	38,0	35,5
URBANIZACION LAS ACACIAS	52,0	64,5	51,5	44,0	39,0	36,5
MATAMOROS	54,2	65,5	54,0	43,5	39,0	36,5
MIGUEL DE CERVANTES	50,2	63,5	45,0	38,5	34,0	32,0
OSCURA	50,2	61,0	51,0	43,5	38,0	35,0
PABLO NERUDA	47,2	54,5	49,5	43,5	39,0	36,5
QUEBRADA	48,7	59,5	51,0	40,5	36,0	33,0

QUINEA	48,7	59,0	50,0	43,5	39,0	36,5
BARRIADA REINA SOFÍA	48,6	60,5	49,5	42,0	37,5	35,5
RIGOBERTA MENCHU	56,4	67,5	60,0	46,0	40,5	37,0
SALVADOR ALLENDE	54,4	66,5	54,0	46,0	40,5	37,5
SAN BLAS	53,6	66,5	52,0	40,0	34,0	30,5
SANTA ANA	52,0	64,5	53,0	45,0	40,5	37,5
SANTA ELENA	53,5	64,5	56,5	44,0	36,0	32,0
SANTA TERESA DE JESÚS	55,5	68,0	57,5	47,0	42,0	39,0
SANTOS SALOMÓN	44,2	54,5	47,0	38,0	37,5	31,5

Tabla 3.6 – Niveles percentiles de tarde

A continuación, se va a realizar una correlación de variables entre el nivel equivalente,  $L_{Aeq}$ , de tarde con los distintos niveles percentiles que se han medido por cada calle.

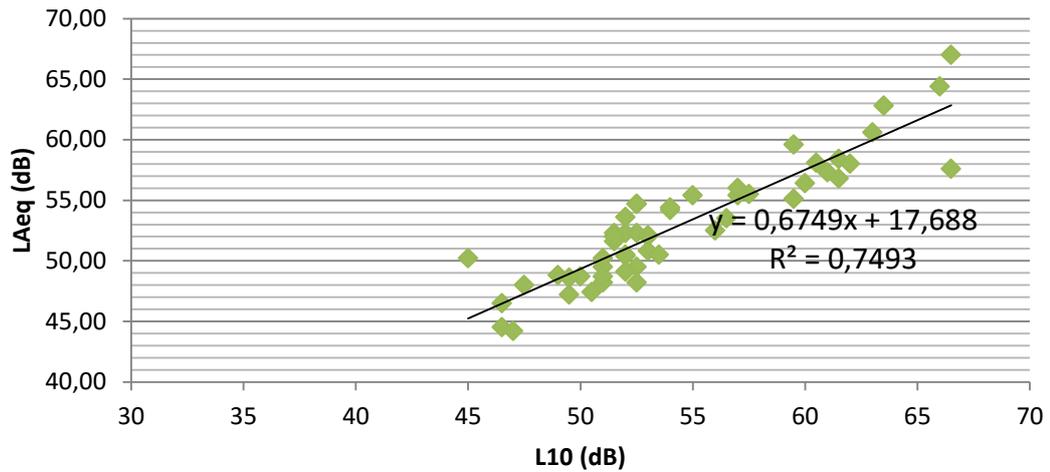
### Percentil 1 Tarde



Gráfica 3.23 - Nivel percentil 1 de tarde

Como  $R^2 = 0,7677$ , entonces  $R = 0,8762$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

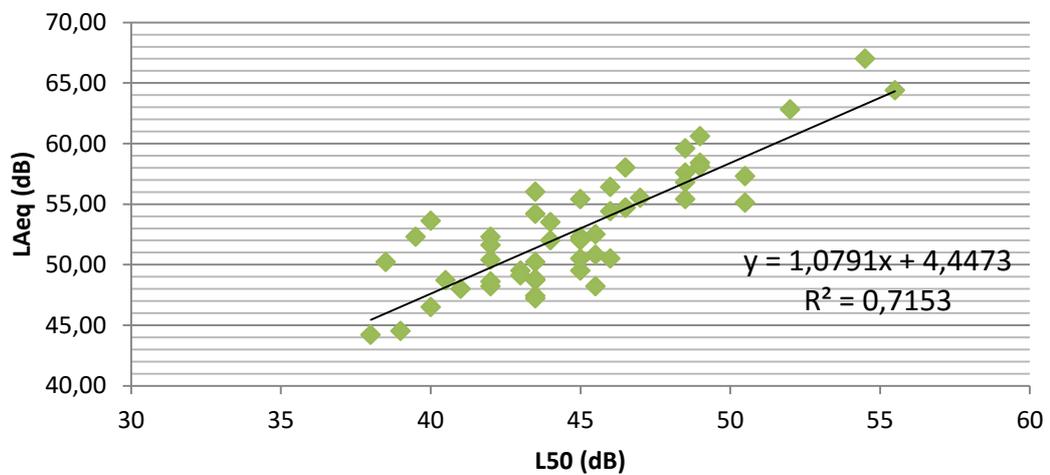
## Percentil 10 Tarde



Gráfica 3.24 - Nivel percentil 10 de tarde

Como  $R^2 = 0,7493$ , entonces  $R = 0,8656$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

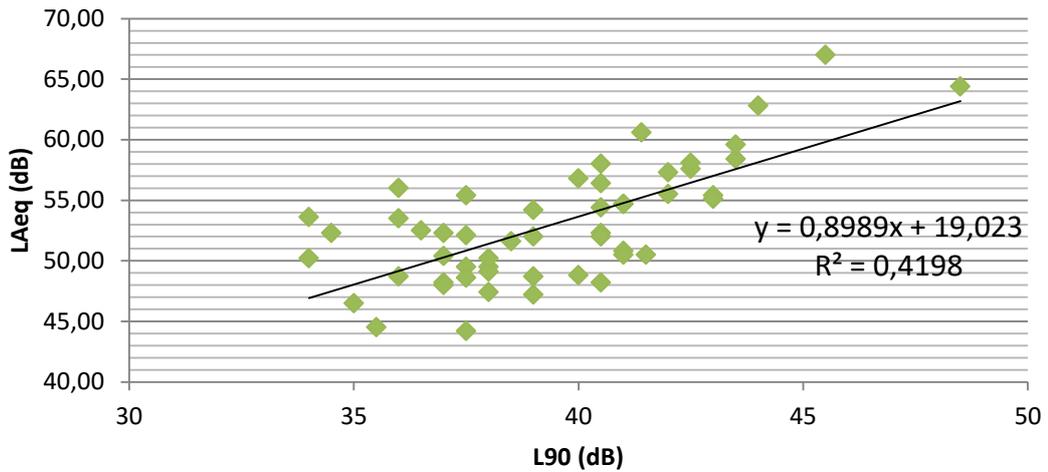
## Percentil 50 Tarde



Gráfica 3.25 - Nivel percentil 50 de tarde

Como  $R^2 = 0,7153$ , entonces  $R = 0,8458$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

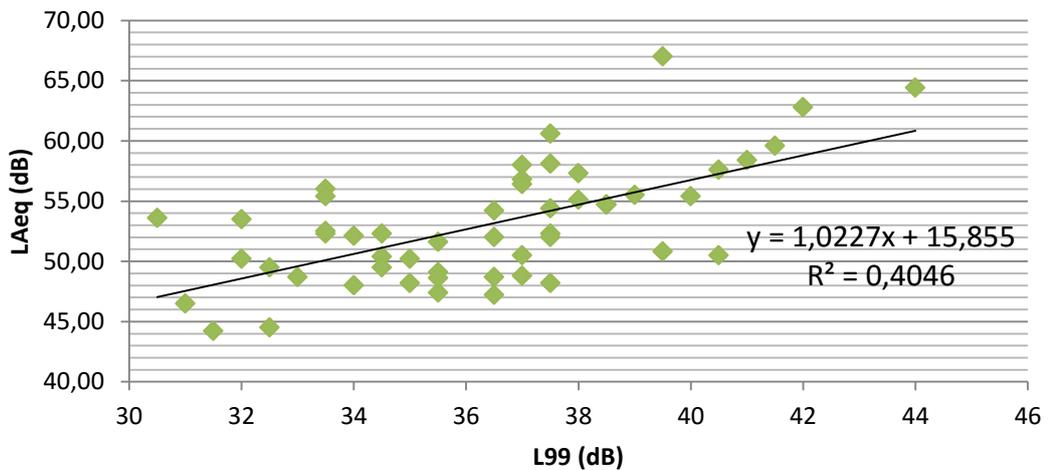
### Percentil 90 Tarde



Gráfica 3.26 - Nivel percentil 90 de tarde

Como  $R^2 = 0,4198$ , entonces  $R = 0,6479$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

### Percentil 99 Tarde

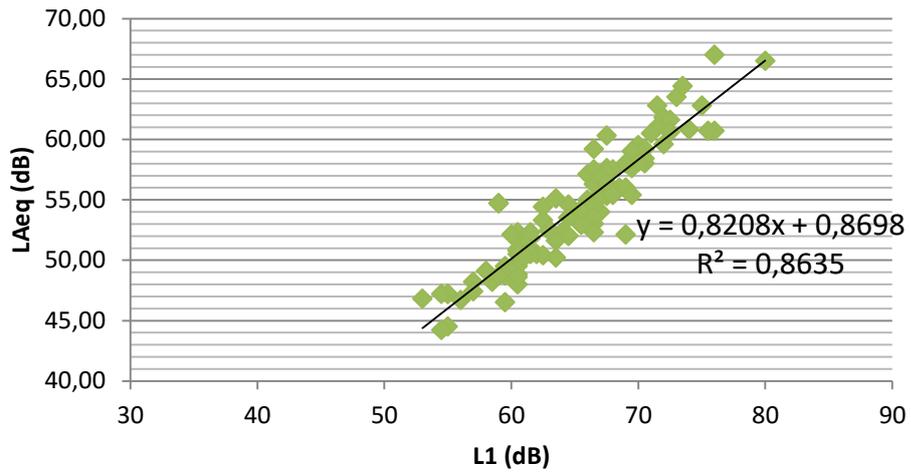


Gráfica 3.27 - Nivel percentil 99 de tarde

Como  $R^2 = 0,4046$ , entonces  $R = 0,6361$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

Por último se han juntado los valores percentiles que se han medido por la mañana y por la tarde y se han relacionado con su correspondiente nivel equivalente. Ahora tenemos 104 valores para correlacionar.

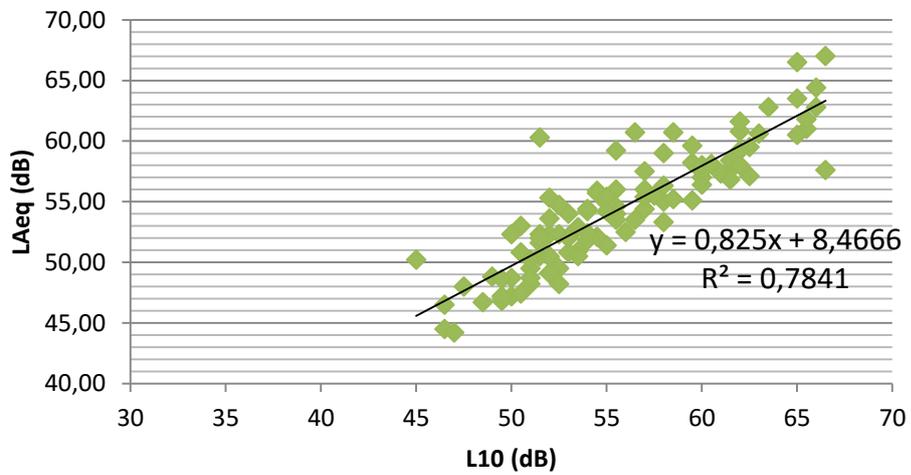
### Percentil 1 Mañana-Tarde



Gráfica 3.28 - Nivel percentil 1 de mañana y tarde

Como  $R^2 = 0,8635$ , entonces  $R = 0,9292$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

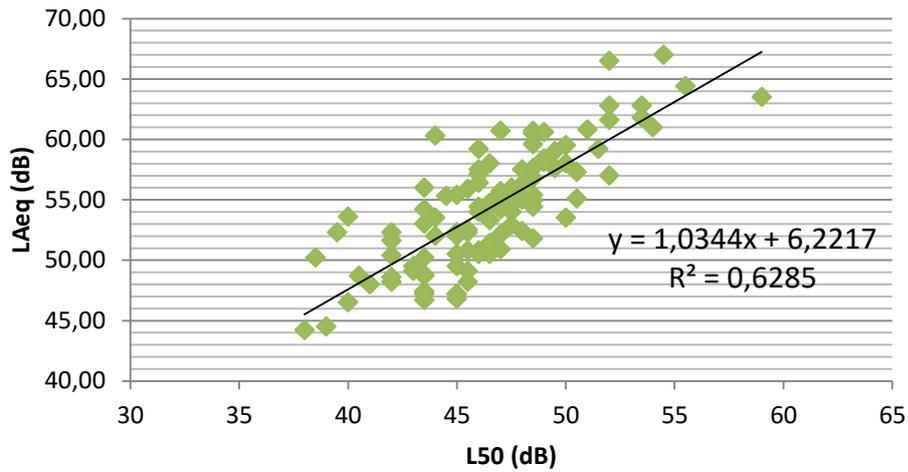
### Percentil 10 Mañana-Tarde



Gráfica 3.29 - Nivel percentil 10 de mañana y tarde

Como  $R^2 = 0,7841$ , entonces  $R = 0,8855$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

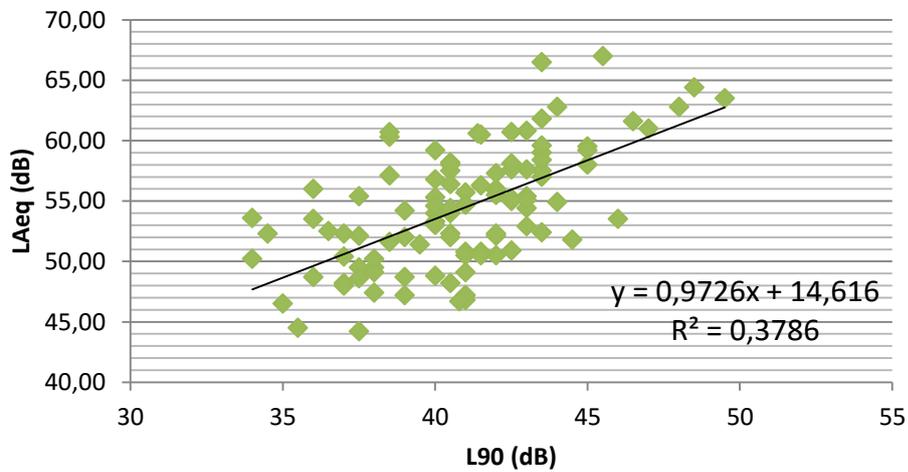
### Percentil 50 Mañana-Tarde



Gráfica 3.30 - Nivel percentil 50 de mañana y tarde

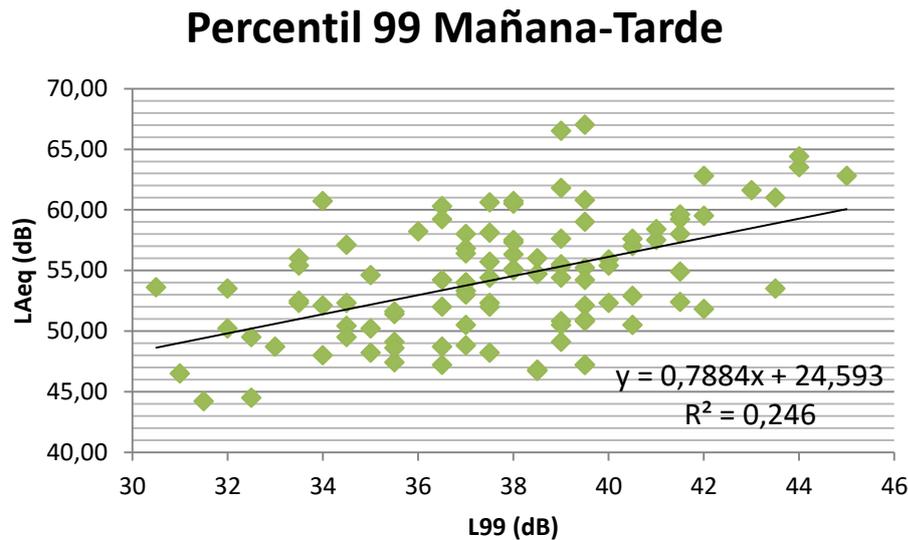
Como  $R^2 = 0,6285$ , entonces  $R = 0,7928$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

### Percentil 90 Mañana-Tarde



Gráfica 3.31 - Nivel percentil 90 de mañana y tarde

Como  $R^2 = 0,3786$ , entonces  $R = 0,6153$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.



**Gráfica 3.32 - Nivel percentil 99 de mañana y tarde**

Como  $R^2 = 0,246$ , entonces  $R = 0,4960$ , lo que nos da una significatividad del 99,5%.

Se observa que al juntar los percentiles de mañana y de tarde, en total tenemos 104 datos, mejora mucho la significatividad de dichos puntos.

### 3.2.5.- Flujo de tráfico

Sabemos que para esta localidad, la principal fuente sonora es debida al tráfico rodado. Por ello se va a estudiar la influencia que tiene el flujo de vehículos con los niveles de ruido obtenidos en cada punto de medida y así observar la correlación que existe entre ambos.

Para estudiar cómo influye el flujo de vehículos con el nivel equivalente medido, se han contado los vehículos ya sean coches, motocicletas o vehículos pesados, que han pasado por la calle durante los 15 minutos que ha durado la medida, valor  $q$ . Pero como se deben considerar los vehículos que circulan durante una hora, hemos multiplicado nuestro valor de  $q$  medido por 4 y le hacemos logaritmo en base 10, es decir, vamos a comparar el nivel equivalente,  $L_{Aeq}$ , con el  $\log_{10}(Q)$ .

Durante el periodo de mañana, el flujo de vehículos medido en las 52 calles ha sido el siguiente:

CALLE	$L_{Aeq}$ (dB)	q medido	$Q=q \times 4$	$\log_{10}(Q)$
SAN SEBASTIÁN	62,8	20	80	1,90308999
BARRIAL DE SANTA ANA	57,0	3	12	1,07918125
PLAZA DIVINO MORALES	59,5	24	96	1,98227123
FRANCISCO PIZARRO	56,0	6	24	1,38021124
JOAQUÍN COSTA	61,0	24	96	1,98227123
LUIS CHÁVEZ	61,8	19	76	1,88081359
RAFAEL CHAPARRO	63,5	9	36	1,5563025
VIRGEN DE LA LUZ	60,8	14	56	1,74818803
CONCEJO	58,2	7	28	1,44715803
CONVENTO	51,8	5	20	1,30103
CRUCES	53,5	4	16	1,20411998
SAN ESTEBAN	59,2	13	52	1,71600334
ALBUERA	54,0	5	20	1,30103
ANTONIO MACHADO	55,3	2	8	0,90308999
CAMBEROS	50,8	2	8	0,90308999
CAROLINA CORONADO	50,5	2	8	0,90308999
CASAS NUEVAS	61,6	13	52	1,71600334
CASTILLEJOS	55,0	1	4	0,60205999
CASTIMA	51,4	0	0	*
COLÓN	53,3	2	8	0,90308999
CUESTA	59,0	2	8	0,90308999
DEMOCRACIA	52,1	1	4	0,60205999
DERECHOS HUMANOS	57,6	5	20	1,30103
DUEÑAS	60,3	2	8	0,90308999
DOCTOR FLEMING	47,2	0	0	
ESCOBAR	60,7	4	16	1,20411998
ESPAÑA	60,5	9	36	1,5563025
FLORENCIO GARCÍA RUBIO	50,9	2	8	0,90308999
GABINO GRACIA	54,0	2	8	0,90308999
GABRIEL Y GALÁN	54,6	3	12	1,07918125
GALLEGOS	57,1	2	8	0,90308999
HERMANOS CABA	57,5	7	28	1,44715803

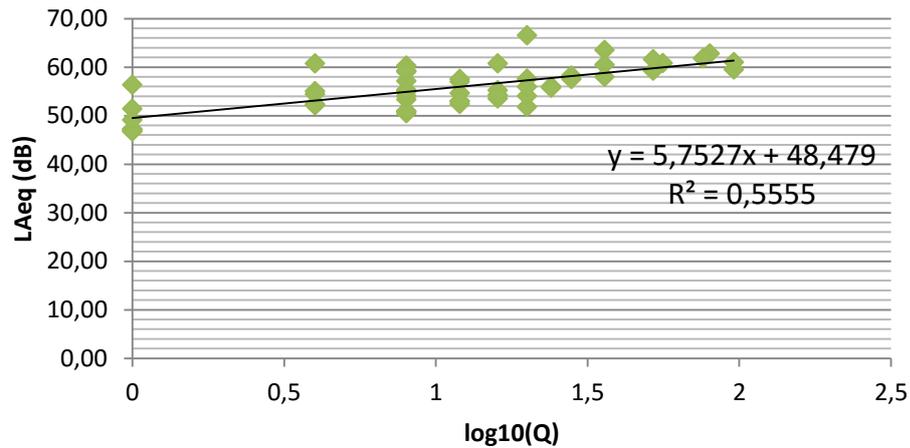
HERNÁN CORTES	47,2	0	0	
HILACHA	53,0	3	12	1,07918125
HUERTAS	46,8	0	0	
HUERTO PLATA	66,5	5	20	1,30103
IGUALDAD	57,5	3	12	1,07918125
URBANIZACION LAS ACACIAS	54,9	2	8	0,90308999
MATAMOROS	55,9	5	20	1,30103
MIGUEL DE CERVANTES	46,7	0	0	
OSCURA	56,3	0	0	
PABLO NERUDA	52,4	3	12	1,07918125
QUEBRADA	59,2	2	8	0,90308999
QUINEA	52,9	3	12	1,07918125
BARRIADA REINA SOFÍA	52,3	1	4	0,60205999
RIGOBERTA MENCHU	55,2	4	16	1,20411998
SALVADOR ALLENDE	49,1	0	0	
SAN BLAS	55,7	6	24	1,38021124
SANTA ANA	60,70	1	4	0,60205999
SANTA ELENA	54,2	4	16	1,20411998
SANTA TERESA DE JESÚS	58,0	9	36	1,5563025
SANTOS SALOMÓN	54,4	1	4	0,60205999

Tabla 3.7 – Flujo de vehículos de mañana

\* Sabemos que no podemos calcular el logaritmo en base de 10 de 0, es infinito, por eso se han quedado en blanco dichas celdas.

La correlación de variables entre el nivel equivalente,  $L_{Aeq}$ , de mañana con el flujo de vehículos medido queda de la siguiente manera:

## Flujo Vehiculos Mañana



**Gráfica 3.33 - Flujo de vehículos asociado al nivel equivalente de mañana**

Para determinar el coeficiente R, sabemos que  $R^2 = 0,5555$ , entonces  $R = 0,7453$ , es decir, tenemos un  $p < 0,005$ , lo cual es significativo al 99,5%.

Durante el periodo de tarde, el flujo de vehículos medido en las 52 calles ha sido el siguiente:

CALLE	$L_{Aeq}$ (dB)	q medido	$Q=q \times 4$	$\text{Log}_{10}(Q)$
SAN SEBASTIÁN	58,4	15	60	1,77815125
BARRIAL DE SANTA ANA	57,3	7	28	1,44715803
PLAZA DIVINO MORALES	55,4	11	44	1,64345268
FRANCISCO PIZARRO	56,0	7	28	1,44715803
JOAQUÍN COSTA	64,4	22	88	1,94448267
LUIS CHÁVEZ	60,6	12	48	1,68124124
RAFAEL CHAPARRO	57,6	10	40	1,60205999
VIRGEN DE LA LUZ	67,0	24	96	1,98227123
CONCEJO	58,1	7	28	1,44715803
CONVENTO	50,8	1	4	0,60205999
CRUCES	50,5	5	20	1,30103
SAN ESTEBAN	62,8	13	52	1,71600334
ALBUERA	52,3	2	8	0,90308999
ANTONIO MACHADO	52,3	3	12	1,07918125

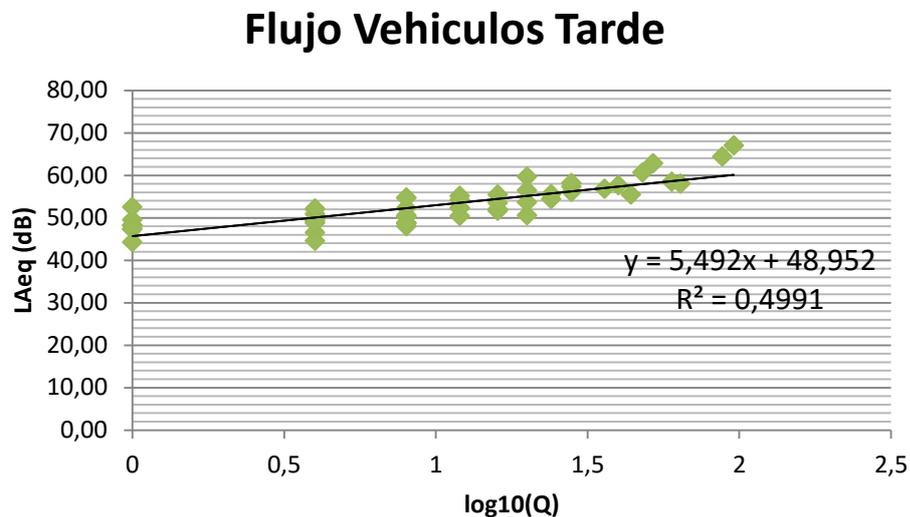
CAMBEROS	50,4	3	12	1,07918125
CAROLINA CORONADO	48,8	2	8	0,90308999
CASAS NUEVAS	55,4	4	16	1,20411998
CASTILLEJOS	49,5	0	0	*
CASTIMA	49,5	1	4	0,60205999
COLÓN	49,1	1	4	0,60205999
CUESTA	52,1	1	4	0,60205999
DEMOCRACIA	48,2	0	0	
DERECHOS HUMANOS	48,0	2	8	0,90308999
DUEÑAS	51,6	4	16	1,20411998
DOCTOR FLEMING	54,7	2	8	0,90308999
ESCOBAR	48,2	0	0	
ESPAÑA	58,0	16	64	1,80617997
FLORENCIO GARCÍA RUBIO	55,1	3	12	1,07918125
GABINO GRACIA	52,5	0	0	
GABRIEL Y GALÁN	50,5	2	8	0,90308999
GALLEGOS	46,5	1	4	0,60205999
HERMANOS CABA	56,8	9	36	1,5563025
HERNÁN CORTES	54,7	2	8	0,90308999
HILACHA	52,3	3	12	1,07918125
HUERTAS	44,5	1	4	0,60205999
HUERTO PLATA	59,6	5	20	1,30103
IGUALDAD	47,4	0	0	
URBANIZACION LAS ACACIAS	52,0	4	16	1,20411998
MATAMOROS	54,2	3	12	1,07918125
MIGUEL DE CERVANTES	50,2	2	8	0,90308999
OSCURA	50,2	2	8	0,90308999
PABLO NERUDA	47,2	0	0	
QUEBRADA	48,7	2	8	0,90308999
QUINEA	48,7	1	4	0,60205999
BARRIADA REINA SOFÍA	48,6	2	8	0,90308999
RIGOBERTA MENCHU	56,4	5	20	1,30103
SALVADOR ALLENDE	54,4	6	24	1,38021124

SAN BLAS	53,6	5	20	1,30103
SANTA ANA	52,0	1	4	0,60205999
SANTA ELENA	53,5	4	16	1,20411998
SANTA TERESA DE JESÚS	55,5	6	24	1,38021124
SANTOS SALOMÓN	44,2	0	0	

Tabla 3.7 – Flujo de vehículos de tarde

\* Sabemos que no podemos calcular el logaritmo en base de 10 de 0, ya que es infinito, por eso se han quedado en blanco dichas celdas.

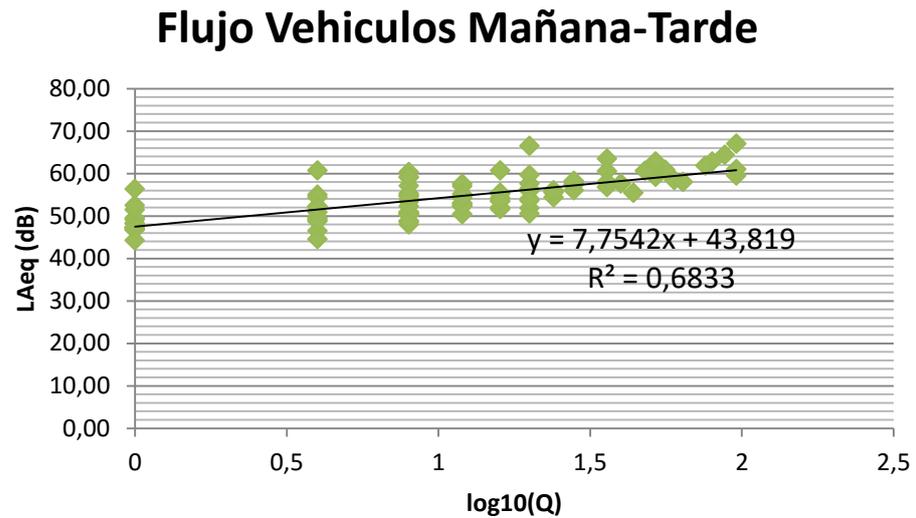
La correlación de variables entre el nivel equivalente,  $L_{Aeq}$ , de tarde con el flujo de vehículos medido queda de la siguiente manera:



Gráfica 3.34 - Flujo de vehículos asociado al nivel equivalente de tarde

Para determinar el coeficiente R, sabemos que  $R^2 = 0,4991$ , entonces  $R = 0,7065$ , es decir, tenemos un  $p < 0,005$ , lo cual es significativo al 99,5%.

Por último se han juntado los valores del flujo de vehículos que se han medido por la mañana y por la tarde y se han relacionado con su correspondiente nivel equivalente. Tenemos de nuevo 104 valores que correlacionar.



**Gráfica 3.35 - Flujo de vehículos asociado al nivel equivalente de mañana y tarde**

Para determinar el coeficiente R, sabemos que  $R^2 = 0,6833$ , entonces  $R = 0,8266$ , es decir, tenemos un  $p < 0,005$ , lo cual es significativo al 99,5%.

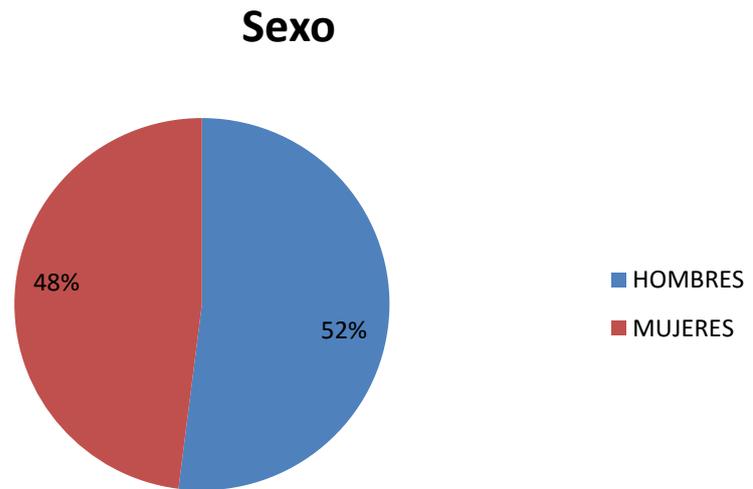
Con estos datos, se puede clasificar el ruido producido por el flujo de vehículos como uno de los principales a tener en cuenta según los niveles medidos.

### 3.3.- Resultados de la encuesta

#### 3.3.1.- Datos sociodemográficos

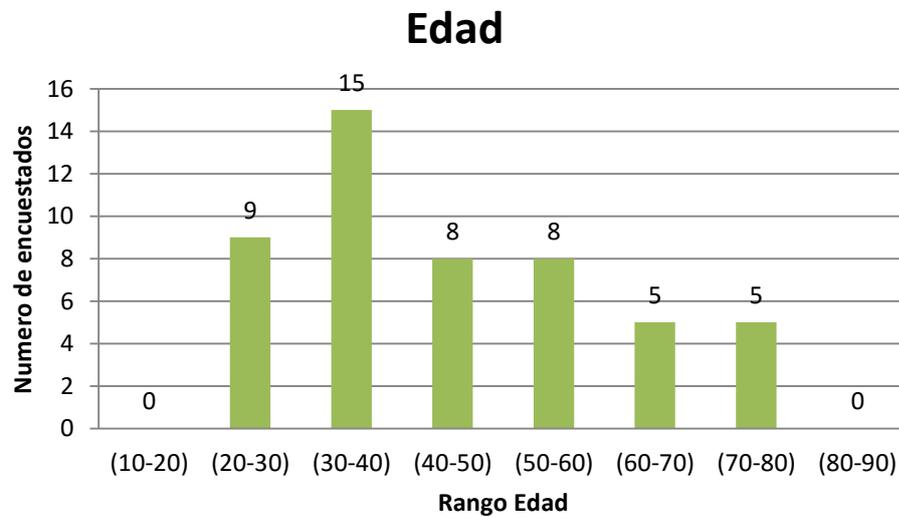
Los datos sobre los encuestados por sexo, edad y su nivel de estudios, aparecen en los siguientes gráficos:

- Porcentaje de personas encuestadas por sexo:



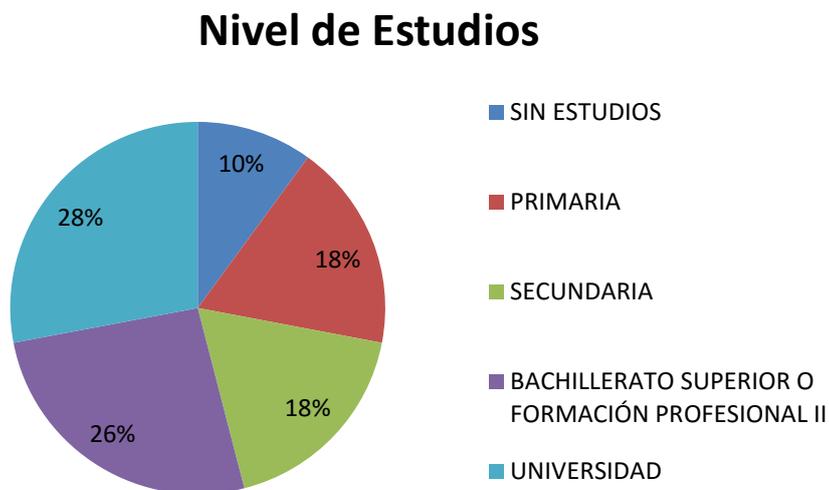
Gráfica 3.36 – Encuestados por sexo

- Clasificación de personas por su edad:



Gráfica 3.37 – Encuestados por edad

- El nivel de estudios terminados de los encuestados es el siguiente:

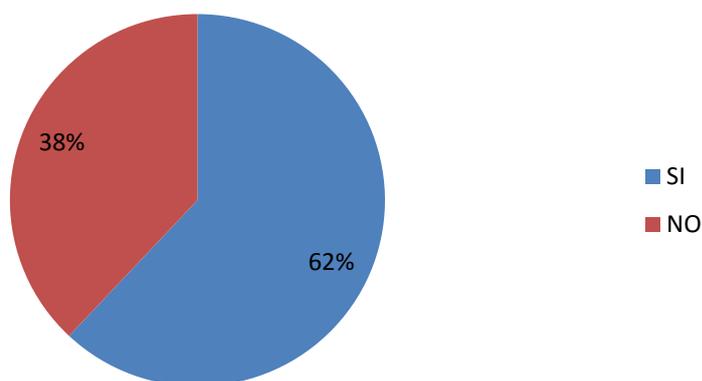


Gráfica 3.38 – Nivel de estudios de los encuestados

### 3.3.2.- Aspectos afectivos

El porcentaje de encuestados que viven en la zona es el siguiente:

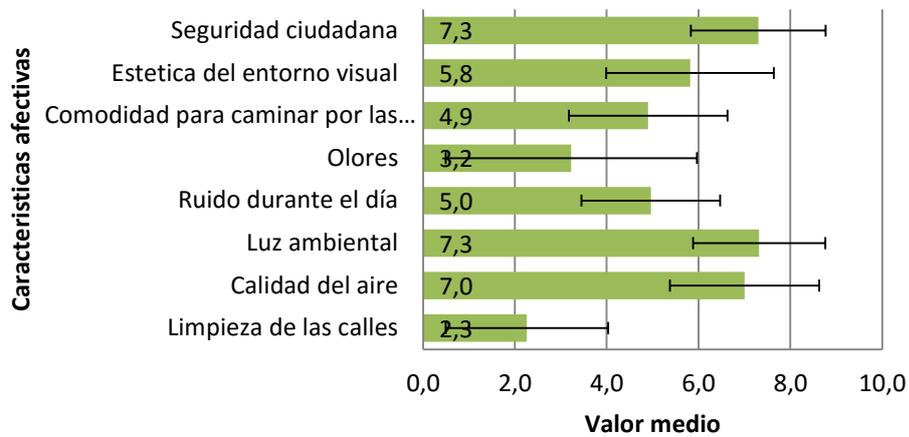
### Residentes en al zona



Gráfica 3.39 – Encuestados residentes en la calle

La satisfacción de los encuestados con unas determinadas características afectivas de la zona, se describen en la siguiente gráfica:

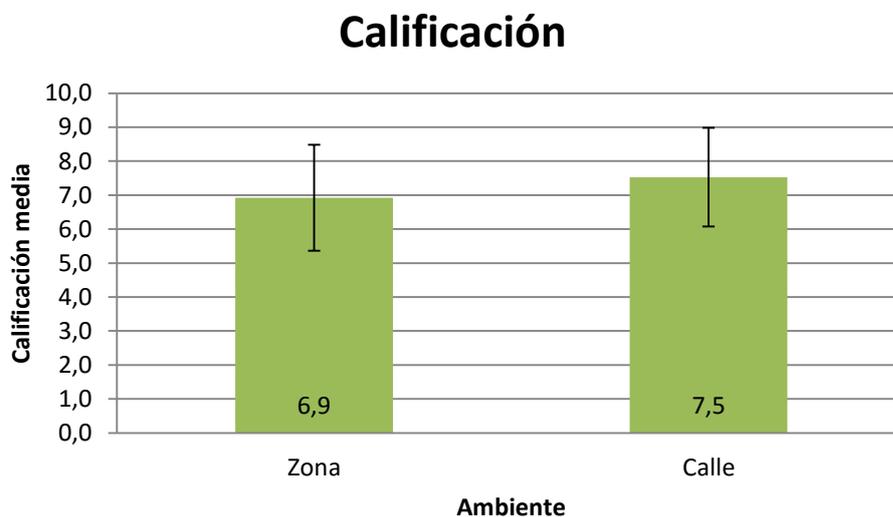
## Satisfacción personal



Gráfica 3.40 – Satisfacción de los encuestados con las características de la calle

De las anteriores características las dos más importantes, que han considerado los encuestados, para mejorar en la zona han sido: En primer lugar, la limpieza de las calles y en segundo lugar la comodidad para andar por las aceras.

La nota media que lo encuestados le dan a la zona y a la calle, se muestra a continuación:

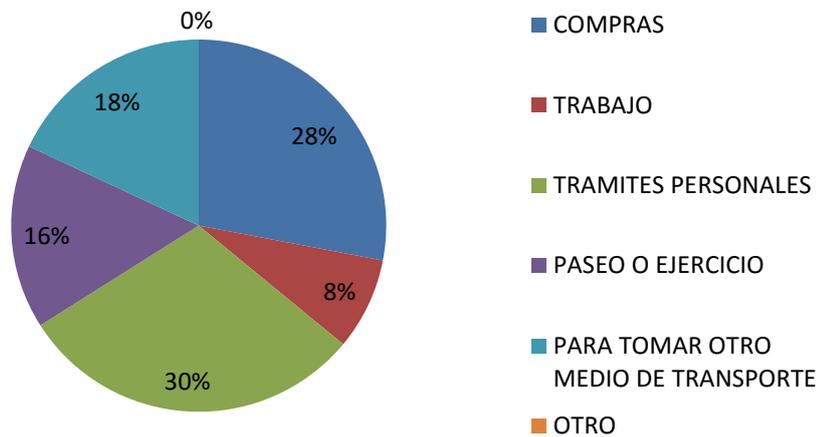


Gráfica 3.41 – Calificación de los encuestados sobre su gusto por la zona y la calle

### 3.3.3.- Actividad peatonal

La actividad peatonal que se encontraban realizando los encuestados, en dicho momento, viene representada en porcentaje en el siguiente gráfico:

#### Motivos para caminar por la calle

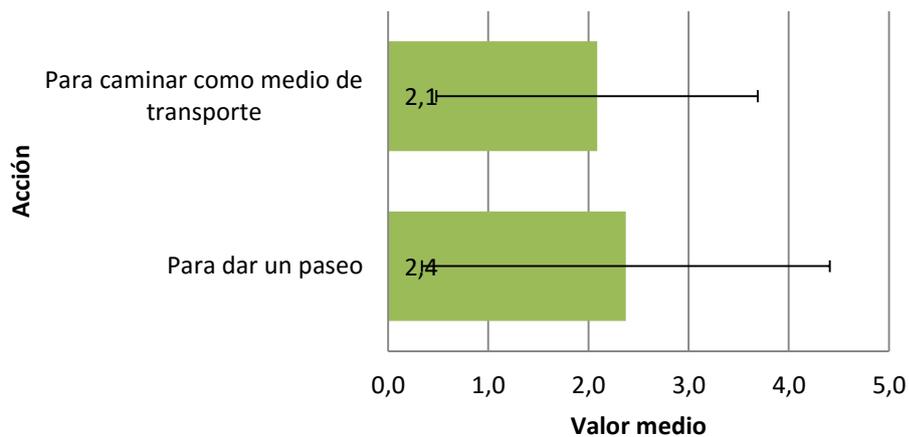


Gráfica 3.42 – Actividad peatonal del encuestado

### 3.3.4.- Efectos provocados por el ruido

Con respecto a los efectos que el ruido provoca, en relación a que las personas les influya negativamente para salir a la calle:

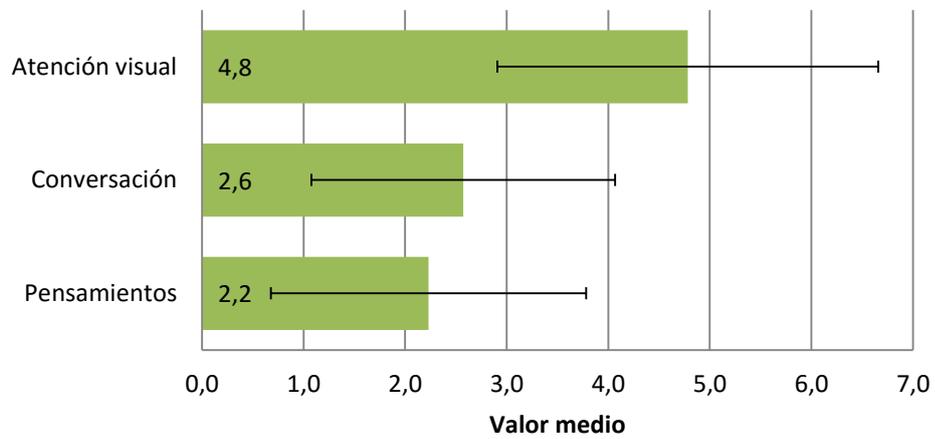
#### Influencia negativa del ruido



Gráfica 3.43 – Influencia del ruido sobre los encuestados

En relación a la distracción o perturbación que causa el ruido sobre las propias personas:

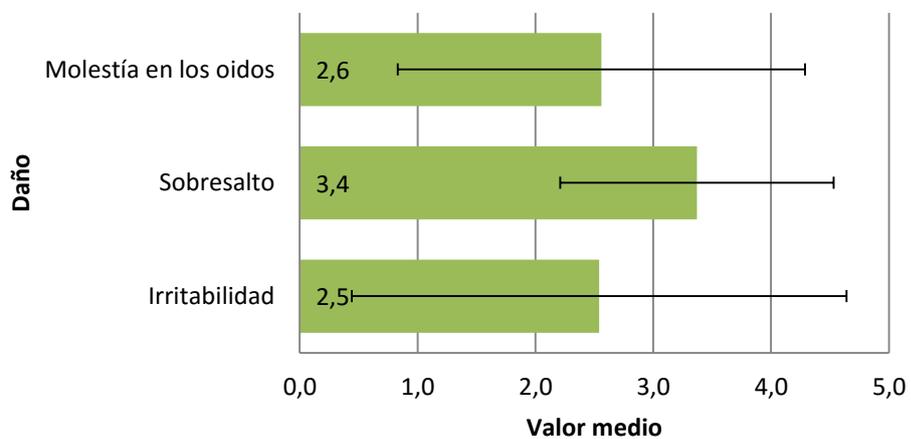
### Distracción o perturbación del ruido



Gráfica 3.44 – Distracción o perturbación del ruido sobre los encuestados

El ruido en las calles les suele provocar:

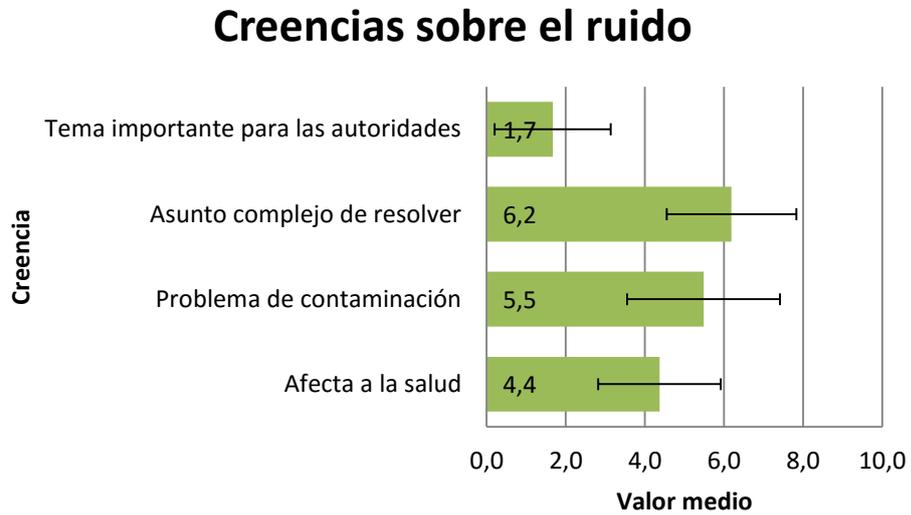
### Efectos del ruido



Gráfica 3.45 – Efectos del ruido sobre los encuestados

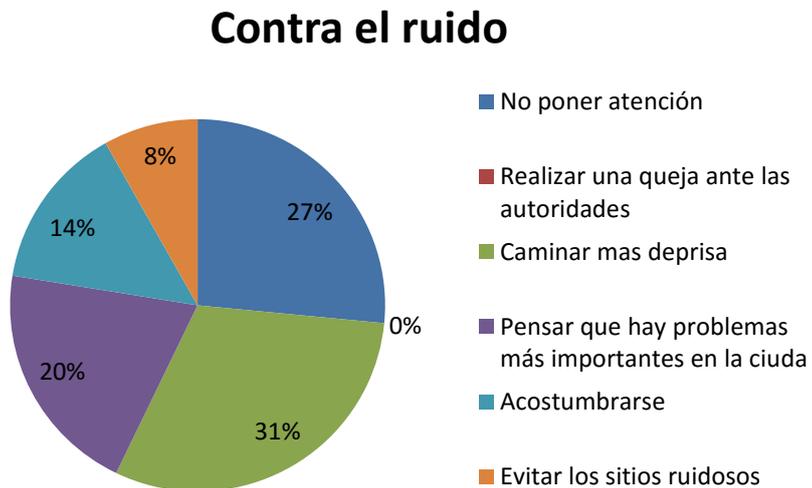
### 3.3.5.- Creencias relacionadas con el ruido

La creencia de los encuestados en relación al ruido, se ve en la siguiente gráfica:



Gráfica 3.46 – Creencias de los encuestados sobre el ruido

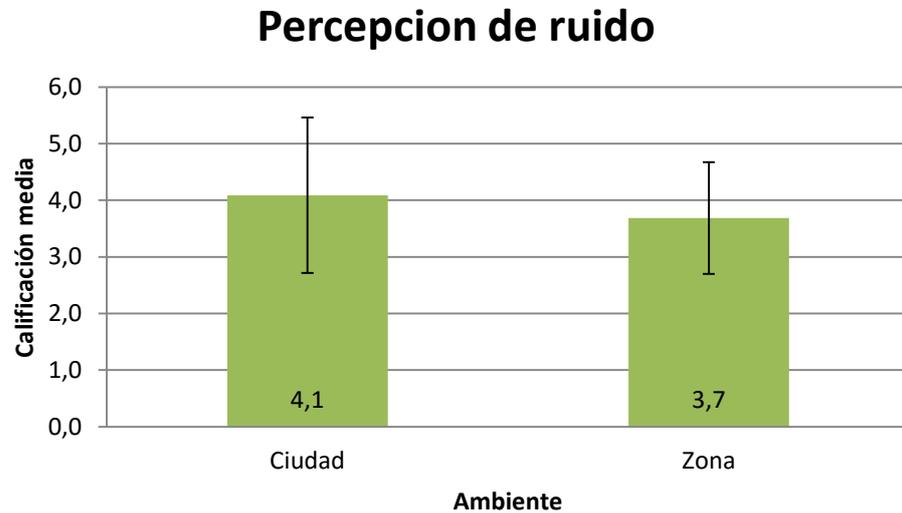
En la siguiente gráfica se muestra que hacen para enfrentarse al ruido que hay en las calles



Gráfica 3.46 – Como se enfrentan al ruido los encuestados

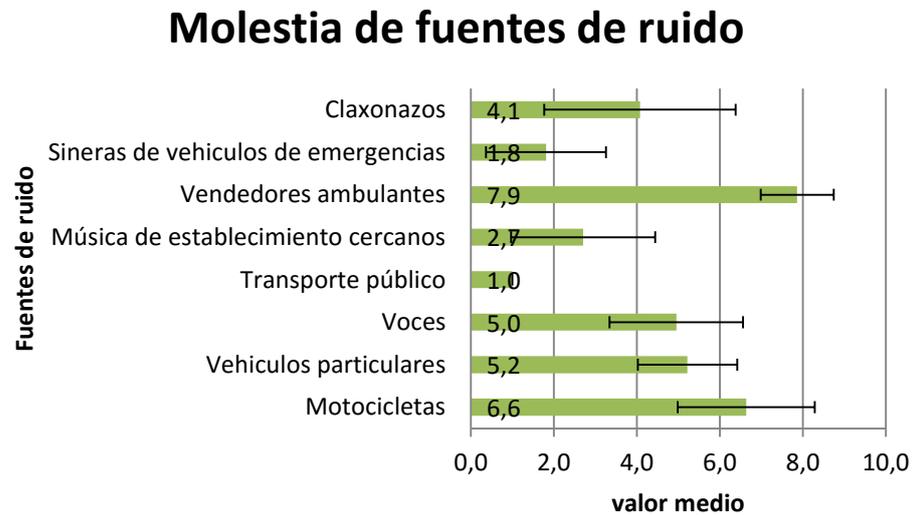
### 3.3.6.- Percepción del ruido y de la molestia

Se les pidió que calificaran su percepción de qué tan ruidosa es la localidad y la zona, el valor medio de sus respuestas fue:



Gráfica 3.46 – Percepción de los encuestados sobre el ruido en la ciudad y en la calle

La percepción de la molestia de determinadas fuentes de ruido, para nuestros encuestados, es la siguiente:



Gráfica 3.47 – Fuentes de ruidos molestas para los encuestados

Como se puede ver, los resultados que se han obtenido para las distintas encuestas han sido muy variados. Por eso al colocar las barras de error, calculadas con la desviación típica de los valores obtenidos, se puede saber el rango en el que se han movido las encuestas a los vecinos de la localidad.

## 4.- Conclusiones

En este estudio realizado en la localidad de Arroyo de la Luz se nos muestra cómo variables urbanísticas relacionadas con la “ubicación de la calle y demografía”, “tipo de uso del suelo”, “geometría de la calle” y circulación y conectividad” presentan relaciones significativas con los niveles sonoros. El método de categorización de calles ha resultado ser muy efectivo para este estudio.

De un total de 135 variables urbanísticas que fueron registradas en distintas calles de Arroyo de la Luz y de ellas sólo 9 presentaban correlaciones significativas con respecto al  $L_{Aeq}$ , en dBA.

Al comparar los distintos  $L_{Aeq}$  medios, de cada tipo de vía, con la normativa, se observa que en muy pocas ocasiones superan los valores límites establecidos, tanto en la normativa nacional como en la extremeña.

Con respecto al flujo del tráfico, hemos comprobado que este sí es muy significativo con respecto al  $L_{Aeq}$ . Lo que hace pensar que el ruido del tráfico es la fuente de ruido urbano de mayor importancia

También se ha demostrado la significatividad de los niveles percentiles con respecto al  $L_{Aeq}$ , ya que estos dependen del nivel equivalente, donde se ve una mayor significatividad para los primeros percentiles, ya que en los percentiles mayores se disgregan más los puntos.

Para los resultados obtenidos en la encuesta, había opiniones de diverso carácter pero la mayoría coincidía en que los vendedores ambulantes y los vehículos, especialmente las motocicletas, provocaban un mayor desagrado.

Para concluir se puede decir que la localidad del Arroyo de la Luz, es una población poco ruidosa y tranquila, ya que en muy pocas ocasiones se ha sobrepasado el nivel límite establecido por la normativa. También cabe destacar que en muchas ocasiones el ruido vecindario es superior al ruido del tráfico.

## **5.- Bibliografía**

[1] AENOR. UNE-ISO 1996-1:2005 y UNE-ISO 1996-2:2009.

[2] Arroyo de la Luz. <http://www.arroyodelaluz.es>

[3] Sonómetro 2238A. [http://www.bksv.es/Products/handheld-instruments/sound-level-meters/sound-level-meters/~Misc\\_Documents/Spain/2238\\_BZ7126.ashx](http://www.bksv.es/Products/handheld-instruments/sound-level-meters/sound-level-meters/~Misc_Documents/Spain/2238_BZ7126.ashx)

[4] Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, de Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

[5] Decreto 19/1997, de 4 de febrero, de Reglamentación de Ruidos y Vibraciones.

## **6.- Anexos**

### **6.1.- Anexo I: Hoja Excel de datos urbanísticos**

La hoja Excel con los datos urbanísticos se adjunta en el CD.

### **6.2.- Anexo II: Hoja Excel de encuestas**

La hoja Excel con los datos de las encuestas realizadas se adjunta en el CD.