



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

GRABACIÓN AUDIOVISUAL 360° DE ENTORNOS SONOROS  
URBANOS PARA APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL.

AUTOR

Jorge Stalin Vinocuna Logroño

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

GRABACIÓN AUDIOVISUAL 360° DE ENTORNOS SONOROS URBANOS  
PARA APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL.

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en Sonido y Acústica.

Profesor guía

José Antonio Álvarez Torres

Autor

Jorge Stalin Vinocuna Logroño

Año

2020

## DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Grabación audiovisual 360 de entornos sonoros urbanos para aplicaciones de realidad virtual, a través de reuniones periódicas con el estudiante **Jorge Stalin Vinocuna Logroño**, en el semestre 202020 orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



---

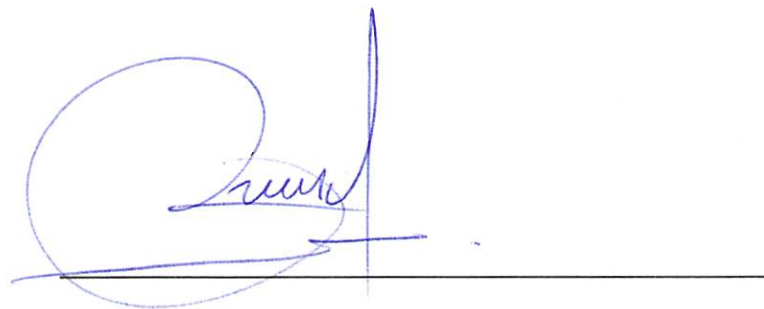
José Antonio Álvarez Torres

Magíster en Musicología

Cédula: 1708232267

## DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Grabación audiovisual 360 de entornos sonoros urbanos para aplicaciones de realidad virtual, del estudiante Jorge Stalin Vinocuna Logroño, en el semestre 202020, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'L' followed by 'A', 'B', 'M', and 'C'. The signature is written over a horizontal line.

Luis Alberto Bravo Moncayo  
Doctor en Ingeniería Acústica

Cédula: 1711710606

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Jorge Vinocuna

Jorge Stalin Vinocuna Logroño

Cédula: 17223822541

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por las ganas, el esfuerzo y la sabiduría que me ha dado para poder terminar mi carrera Universitaria.

A mi familia y amigos por el apoyo y consejos brindados en mi vida.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de titulación a mi familia, en especial a mis padres, Gladys y Pericles, por brindarme su paciencia, amor y sobre todo guiarme en mi vida.

Este trabajo es posible gracias a ustedes.

## RESUMEN

La finalidad de este trabajo de titulación es grabar, editar y registrar los entornos sonoros urbanos del Distrito Metropolitano de Quito, para que se los pueda utilizar en futuros proyectos de investigación de dichas zonas mediante realidad virtual. La grabación se realizó a través de tecnología 360°, como la cámara Ricoh Theta V que es posible la adaptación de un micrófono Ambisonics de primer orden, es decir que ofrece 4 señales de audio en 1 solo canal. Además, se utilizó la plataforma Adobe Premiere Pro CC 2019, para la edición del audio y video grabado, dando el formato para subir a la plataforma social YouTube del grupo de investigación de la carrera Ingeniería en acústica y sonido.

Finalmente, mediante un sonómetro NTI Audio XL2 y un micrófono NTI Audio MA220 adaptable al sonómetro, se analizó los índices de ruido continuo equivalente (LAeq) y (LCeq), en las zonas urbanas de la ciudad de Quito. Grabando simultáneamente el sonómetro con la cámara 360°, para su estudio posteriormente.



## **ABSTRACT**

The purpose of this degree work is to record, edit the urban sound environments of the Metropolitan District of Quito, so that they can be used in future research projects in these areas through virtual reality. The recording was made through 360 ° technology, such as the Ricoh Theta V camera, which is possible to adapt a first-order Ambisonics microphone, that is, it offers 4 audio signals in a single channel. In addition, the Adobe Premiere Pro CC 2019 platform was used to edit the audio and video recorded, giving the format to upload to the YouTube social platform of the research group of the Engineering in acoustics and sound.

Finally, using an NTI Audio XL2 sound meter and an NTI Audio MA220 microphone adaptable to the sound level meter, the equivalent continuous noise indexes (LAeq) and (LCeq) were analyzed in urban areas of the city of Quito. Simultaneously recording the sound level meter with the 360 ° camera, for later study.

# Índice

<b>1</b>	<b>Capítulo I. Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Marco referencial .....	4
1.3	Alcance .....	4
1.4	Justificación .....	5
1.5	Objetivos .....	6
1.5.1	Objetivo General.....	6
1.5.2	Objetivos específicos.....	6
<b>2</b>	<b>Capítulo II. Marco Teórico.....</b>	<b>6</b>
2.1	Material Audiovisual 360° .....	6
2.1.1	Definición grabación audiovisual 360° .....	6
2.1.2	Origen del video 360° .....	7
2.1.3	Tipos de grabación audiovisual 360° .....	7
2.1.4	Las mejores cámaras 360° en el mercado actual .....	8
2.2	Ambisonics.....	13
2.2.1	Origen Ambisonics .....	14
2.2.2	Técnicas de grabación Ambisonics.....	14
2.2.3	Formatos Ambisonics .....	15
2.3	Descriptores de ruido .....	16
2.3.1	Nivel sonoro continuo equivalente LAeq.....	16
2.3.2	Niveles percentiles LN .....	17
2.4	Tráfico vehicular en la ciudad de Quito .....	17
<b>3</b>	<b>Capítulo III. Recolección de datos.....</b>	<b>18</b>
3.1	Descripción del área de estudio.....	18

3.2	Descripción de las zonas.....	19
3.2.1	Parroquia de Calderón.....	19
3.2.2	El Condado.....	19
3.2.3	Ponciano .....	19
3.2.4	Cotocollao .....	19
3.2.5	Kennedy .....	20
3.2.6	Iñaquito.....	20
3.2.7	El Inca .....	20
3.2.8	La Mariscal .....	20
3.2.9	Gonzales Suárez .....	21
3.2.10	Guápulo.....	21
3.2.11	Centro Histórico.....	21
3.2.12	La Vicentina.....	21
3.2.13	Chimbacalle.....	21
3.2.14	La Magdalena.....	22
3.2.15	Chillogallo .....	22
4	Capítulo IV Metodología.....	22
4.1.1	Equipamiento.....	22
4.1.2	Pasos de conversión de video 360° .....	26
4.1.3	Pasos de edición para sonido ambisónico con Adobe Audición Pro CC 2019 .....	29
5	Capítulo IV Resultados y Análisis.....	32
5.1	Producto Audiovisual.....	33
5.1.1	Concepción y desarrollo del concepto de los videos.....	33
5.1.2	Aplicación de los videos en puntos estratégicos de la ciudad de Quito.....	34
5.1.3	Producto final.....	34
6	Conclusiones y recomendaciones.....	44
6.1	Conclusiones .....	44

6.2 Recomendaciones .....	45
Referencias.....	46

# 1 Capítulo I. Introducción

## 1.1 Antecedentes

Los estudios de ambiente acústico tradicionalmente usan parámetros energéticos monoaurales como los principales descriptores acústicos, que están asociados con la comodidad acústica y / o la molestia por ruido. Sin embargo, bajo el paradigma de paisajes sonoros, es necesario explorar otros parámetros acústicos que caracterizan no solo los niveles de energía sino también los aspectos temporales y espaciales de los entornos acústicos.

Hermida y Pavón (2019) profundizaron el estudio de los paisajes sonoros urbanos, considerando la variación de las fuentes de sonido en el plano horizontal y determinando la relación de este fenómeno con aspectos objetivos y subjetivos. Los aspectos objetivos y subjetivos de 10 paisajes sonoros en las ciudades de Brasilia (Brasil) y Bogotá (Colombia) se evaluaron utilizando fragmentos de grabaciones de sonido binaurales. Para el análisis objetivo relacionado con el comportamiento espacial de las fuentes de sonido, se aplicaron las funciones de correlación cruzada interaccional (IACF) en las modalidades de carrera y a largo plazo, el retraso de tiempo interaccional ( $\tau$ IACC) y el ancho de IACC (wIACC). Las pruebas de laboratorio incluyeron un panel de 25 oyentes para evaluar diferentes atributos perceptivos y aspectos descriptivos de los paisajes sonoros. Los resultados indican que existe una correlación entre algunos parámetros binaurales derivados de la función interaurales cruzadas en ejecución y diferentes atributos de percepción. Por lo tanto, los aspectos espaciales, como la variación de las fuentes de sonido en el plano horizontal, pueden tener implicaciones en los atributos perceptivos (Hermida y Pavón, 2019).

En el uso de la realidad virtual para evaluar el papel del ruido de espacios públicos urbanos, investigado por (Echevarria Sanchez, Van Renterghem, Sun, De Coensel, y Botteldooren, 2017), el estudio concluye que la planificación del sonido, a menudo no se incluye en el proceso de diseño urbano a pesar de las

conocidas interacciones audiovisuales de la percepción humana. Por esta razón se propone una metodología para comparar la apreciación general de las futuras alternativas de renovación de los espacios públicos urbanos utilizando la tecnología de realidad virtual. Este método se aplica para evaluar el papel del ruido en la apreciación general de una caminata en un puente que cruza una carretera. Se realizó una auralización que consiste en un entorno 3D dinámico basado en grabaciones en formato B (ambisonics), filtrado mediante cálculos numéricos de onda completa que obtienen el campo de sonido detrás de las barreras de ruido a lo largo del borde del puente. 71 participantes de audición normal evaluaron cuatro estilos diferentes de diseño visual de la calle, incluidas diferentes alturas de barrera de ruido en combinación con los 4 campos de sonido predichos correspondientes para su agradable audición en 4 días separados. Cada día, los participantes experimentaron todos los entornos visuales con un solo paisaje sonoro (para eludir la comparación directa del sonido) y todo lo relacionado con el sonido no se mencionó en la primera parte del experimento. Incluso en este contexto no enfocado, se encontró un efecto estadísticamente significativo del entorno sonoro en la apreciación general. Comúnmente, el agrado aumenta con la reducción del nivel de ruido del tráfico, pero el diseño visual tiene un impacto más fuerte. Al mencionar el paisaje sonoro al presentar la evaluación, se obtuvieron clasificaciones de placer ligeramente más bajas (pero estadísticamente significativamente diferentes). En lugar de aumentar la altura de la barrera contra el ruido, mejorar el diseño visual de una barrera inferior parece más efectivo para aumentar el placer. Los diseños visuales, incluida la vegetación, superan fuertemente a los demás. La experiencia virtual fue calificada como inmersiva y realista.

Por otra parte, en la evaluación subjetiva tridimensional basada en la realidad virtual del ruido de tráfico, Jeon y Jo (2019), proponen un nuevo método de evaluación de ruido, en el que se aplica la tecnología de realidad virtual en forma de función de transferencia relacionada con la cabeza y una pantalla montada en ella para evaluar el ruido que se experimenta en el interior residencial. En primer lugar, se identificaron el nivel de presión sonora y las características de frecuencia del ruido del tráfico rodado en una sala de estar, antes y después

de aplicar la función de transferencia relacionada con la cabeza, además se evaluaron los niveles de ruido equivalente LAeq de 40–65 dB en cuatro entornos de prueba diferentes, sin la función de transferencia de la cabeza o la pantalla que está montada encima de la cabeza. En segundo lugar, la respuesta subjetiva se evaluó en términos de sonoridad, molestia, perturbación y tolerancia para el tráfico rodado. Los impactos de la información direccional proporcionada por la función de transferencia de la cabeza y la información visual proporcionada por la pantalla fueron 77% y 23%, respectivamente. Además, sobre la base de una evaluación de los atributos espaciales relacionados con la fuente y el medio ambiente, el reconocimiento del ruido del tráfico en la carretera fue el más alto con la función de transferencia de la cabeza y el reconocimiento del espacio fue el más alto con la pantalla. Además, el reconocimiento de la dirección del ruido y la amplitud del ruido desempeñaron un papel importante en el impacto psicoacústico, incluido el nivel de molestia del ruido del tráfico rodado. Los hallazgos del estudio proporcionan nuevos conocimientos sobre la influencia del ruido externo en ambientes interiores.

Varios estudios internacionales han demostrado que el ruido del tráfico tiene un impacto negativo en la salud de las personas y que la molestia de las personas no depende solo de los niveles energéticos del ruido, sino más bien de los factores multiperceptuales. La combinación de la tecnología de realidad virtual y las técnicas de reproducción de audio permite experimentar un nuevo enfoque para la evaluación del ruido ambiental que puede ayudar a investigar de antemano los posibles efectos negativos del ruido asociado con un proyecto específico y que a su vez puede ayudar a los diseñadores a tomar decisiones informadas.

Ruotolo et al., (2013) estudiaron el impacto audiovisual de un nuevo proyecto piloto en las personas se ha evaluado mediante tecnología inmersiva de realidad virtual. En particular, los participantes estuvieron expuestos a reconstrucciones 3D de un paisaje real sin la autopista proyectada, y del mismo paisaje con la autopista proyectada. Además, las reacciones de los individuos al ruido se evaluaron mediante medidas cognitivas objetivas (memoria verbal a corto plazo

y funciones ejecutivas) y evaluaciones subjetivas (ruido y molestias visuales). En general, los resultados mostraron que la introducción de una autopista proyectada en el medio ambiente puede tener efectos perjudiciales inmediatos para el bienestar de las personas, dependiendo de la distancia desde la fuente de ruido. En particular, el ruido debido a la nueva infraestructura parece ejercer una influencia negativa en la memoria verbal a corto plazo y aumenta la molestia visual y de ruido.

## **1.2 Marco referencial**

Al tener en cuenta el alto nivel de ruido ambiental que se genera en varias zonas urbanas del Distrito Metropolitano de Quito, la que cuenta con escasos recursos para reducir el molesto ruido generado principalmente por tráfico vehicular u otros factores. Lo que conlleva a varios problemas de salud en las personas que se encuentran expuestos a esta problemática y generan un gasto adicional para sus tratamientos médicos. Según la OMS, el 76% de la población que vive en los grandes centros urbanos sufre un impacto acústico muy superior al recomendable. Esto se refleja en la calidad de vida y se manifiesta a través de estrés, irritabilidad, hipertensión, dolores de cabeza, taquicardias, fatiga, sordera, aceleración respiratoria y cardíaca. También se presentan problemas cardiovasculares, pérdida de sueño y molestias digestivas (El Comercio, 2019a).

Se desea realizar grabaciones y registrar varias zonas urbanas de la ciudad de Quito, mediante grabaciones audiovisuales 360 y reproducir las diferentes zonas con realidad virtual. Es por eso por lo que en esta investigación se quiere enfocar en la grabación y registro del ruido generado en las distintas zonas urbanas de la ciudad de Quito mediante tecnología moderna. Finalmente, se editará el video aproximadamente un minuto y se subirá a la plataforma de YouTube, para que la gente y la Universidad pueda utilizar este material en futuras investigaciones.

## **1.3 Alcance**

El Distrito Metropolitano de Quito es uno de los cantones más poblados del país. Se divide en 9 administraciones zonales que están conformadas por 32



parroquias urbanas y 33 parroquias rurales. Las delimitaciones geográficas para esta investigación serán exclusivamente en las zonas urbanas de Quito, que se encuentran afectadas por el alto índice de ruido. El tiempo que se realizará el estudio será por fases, la primera fase se realizará la grabación 360 de lugares a lo largo de la ciudad de Quito. Después se realizará una edición del material audiovisual a través de Adobe Premiere Pro CC.

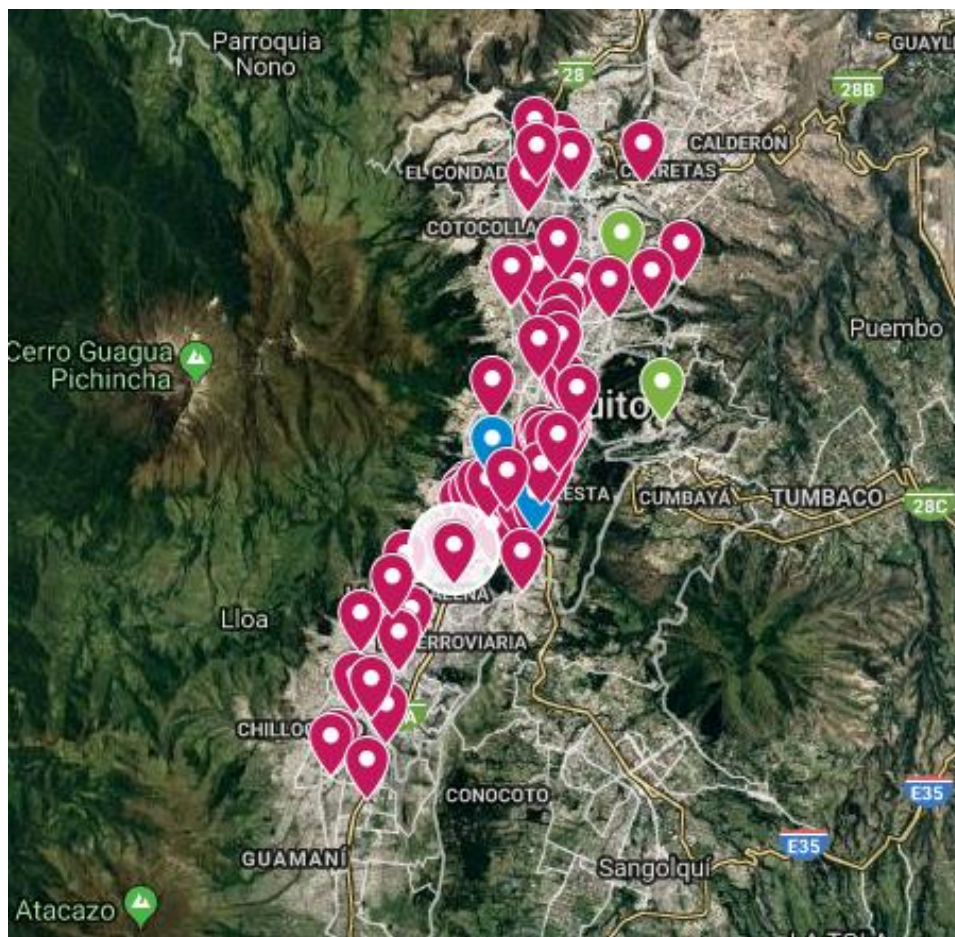


Figura 1. Mapa de puntos de grabación

## 1.4 Justificación

Este trabajo se enfocará en obtener recursos audiovisuales 360 de distintos entornos urbanos, para utilizarlos en futuras investigaciones que utilicen recursos de realidad virtual.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Grabar, registrar y medir niveles de ruido en zonas urbanas que posee el Distrito Metropolitano de Quito, mediante cámara de video, imágenes, audio 360° y sonómetro, para aplicarlos a proyectos de investigación que utilicen realidad virtual.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Comparar las diferentes herramientas tecnológicas de grabación 360° y optar por la que se adapte en el área de investigación de la carrera de Ingeniería en Acústica y sonido.
- Escoger puntos con relación al mapa de ruido a lo largo de la ciudad de Quito para el registro de la grabación 360° para realidad virtual
- Editar cada video grabado para dejarlo en 1 minuto y configurar el audio ambisónico para obtener el audio 360°.
- Registrar los videos de cada uno de los lugares a plataformas sociales como YouTube, con una duración de 1 minuto cada video grabado.

## **2 Capítulo II. Marco Teórico**

### **2.1 Material Audiovisual 360°**

#### **2.1.1 Definición grabación audiovisual 360°**

También se lo conoce como video inmersivo o esféricos, que cubren 360° en el eje horizontal y al menos un 80% en el eje vertical, posee controles con los que el usuario puede mover el punto de vista, mientras el video se encuentre en reproducción, son videos que fueron creados para grabar en el mismo tiempo

todas las direcciones posibles contando siempre con una cámara omnidireccional.

Los videos 360° es un producto audiovisual en el cual el espectador puede girar o angular el video al lado que desee como si estuviese inmerso en la escena, esto se lo conoce como realidad virtual.

### **2.1.2 Origen del video 360°**

La creación del estereoscopio por Charles Wheatstone, un aparato en el que se podía observar dos fotografías idénticas, su única diferencia es el punto de toma de la imagen. Esto provoca que cada ojo al ver las dos imágenes por separado, el cerebro las une en una sola y crea una imagen tridimensional. Idea la cual fue el pilar de la invención de la realidad virtual.

En 1961, Corneau y Bryan, empleados de Philco Corporation crearon entornos artificiales a los cuales se podían acceder mediante un casco que captaba los movimientos que el usuario hacía con su cabeza y su cuerpo. Además, se acopló las imágenes estereoscópicas y entornos tridimensionales.

En 1965 fue verdaderamente conceptualizada la realidad virtual (VR), gracias a Ivan Sutherland, quien fue el precursor y publicó "The ultimate display", en que se profundizó la realidad virtual y diseñó entornos virtuales con imágenes 3D el que revolucionó este campo.

Este invento fue el pionero y apertura para la actualidad se pueda realizar videos inmersivos. En el que marca el comienzo de los equipos básicos de grabación, audición y visualización 360°. Además de la manera de obtención de estos equipos más asequible al público de manera menos costosa y eficaz; gracias a la tecnología que ha ido avanzando, como son las redes sociales.

### **2.1.3 Tipos de grabación audiovisual 360°**

#### **2.1.3.1. Monoscópico**

La mayoría de los videos grabados en 360° se encuentran grabados en el formato Monoscópico, incluso los compartidos por plataformas virtuales como

Facebook, YouTube, así mismo en dispositivos móviles con un punto de vista mono.

La razón de este formato es por el hardware de las cámaras 360°, capturan el video utilizando un formato en forma esférica equirectangular plano. Es decir, la manera de grabación es un video en 2D, que lo dobla en forma de un globo digital. Es por eso que se puede apreciar la profundidad del video.

Muchos fabricantes de estas cámaras han decidido fabricarlos ya que es la forma más económica y eficiente en el mercado, particularmente cuando se combina la realidad virtual con el hardware y software, que es la pantalla montada sobre la cabeza, la que persigue el movimiento del video con el movimiento de la cabeza.

### **2.1.3.2. Estereoscópico**

La tecnología estereoscópica de grabación 360° es similar a la que se constituye el globo ocular del ser humano, es decir la razón por la que se puede sentir la profundidad de las cosas, es porque el ser humano se encuentra mirando por dos lentes distintos al mismo tiempo.

Los videos 360° se encuentran configurados de manera diferente ya que se utiliza una lente doble, este método usa dos puntos de vista diferentes, uno por cada ojo. Lo que da una sensación de realidad virtual hiperreal.

Las empresas más grandes fabrican este tipo de dispositivos ya que tienen un costo más elevado a la anteriormente mencionada (Monoscópico), por el proceso de implementación a las plataformas de realidad virtual.

## **2.1.4 Las mejores cámaras 360° en el mercado actual**

### **2.1.4.1. Nikon KeyMission 360**

Esta cámara posee 21 mega pixeles, es resistente al agua, al polvo y a las caídas. Tiene incorporado Bluetooth, Wi-Fi y NFC. Incorpora dos lentes Nikkor de 8.7 mm, el cual permite grabar videos 360° 4k Ultra High Definition (UHD).

Una de las desventajas más importantes de esta cámara es la que presenta en los bordes de la imagen, ya que no posee una buena definición. Además, es una cámara muy costosa comparando con otras cámaras muy parecidas a menor costo.



*Figura 2.* Cámara Nikon KeyMission 360

#### **2.1.4.2. Insta 360 Nano**

Es una cámara única compatible para la transmisión en Periscope directamente desde el móvil. La calidad de grabación de 3K.

La desventaja de esta cámara es que es solamente compatible con iPhone 6 o superior y la calidad del video llega hasta 3K.



*Figura 3.* Cámara Insta Nano 360

### 2.1.4.3. Kodak PIXPRO SP360 4K Aqua

Kodak inventó una cámara muy versátil que consta de una sola lente, que ofrece un panorama de 235° adaptable a plataformas 360° como Facebook y YouTube. Posee una resolución 4K y Full HD.

Existe una parte idéntica la cual se las puede fusionar y lograr los 360° requeridos. Sin embargo, es comprar 2 cámaras del mismo tipo.

Tiene la desventaja que se venden por separado las 2 cámara y cada una por separado no consiguen los 360°.



*Figura 4.* Cámara Kodak PIXPRO SP360 4K Aqua

### 2.1.4.4. Samsung Gear 360

Samsung diseñó una cámara ojo de pez 360°, la cual posee un sensor Dual de 15MP y 4K. Incorporado con Wi-Fi a 2.4 + 5 GHz, Bluetooth 4.1 y NFC. Aguanta polvo y poca cantidad de agua.

Su desventaja es que es únicamente compatible para celulares Samsung de gama alta.



*Figura 5. Cámara Samsung Gear 360*

#### **2.1.4.5. Ricoh Theta**

Cámara que graba imágenes fijas en 360° con una alta resolución y procesamiento de imágenes muy precisos. Produce videos realistas gracias a los 2 formatos full HD (1920 x 1080 Mbps) y 4K (3840 x 1920, 56 Mbps). Además, está equipado por un micrófono ambisónico de primer orden.



*Figura 6. Cámara Ricoh Theta*

Tabla 1.

## Diferencias de formatos de grabación 360°

Formato	HD	FULL HD	4K
<b>Definición</b>	Es una resolución de alta definición, la cual cuenta con 1280 pixeles horizontales y 720 verticales.	Se lo conoce como 1080p ya que representa 1080 líneas horizontales que dan cuenta como la resolución vertical y la p significa <i>progressive scan</i> . El formato full HD es un estándar de alta definición 1920 x 1080 pixeles.	Es una resolución dedicada a la producción cinematográfica, cuenta con 4096 pixeles horizontales y 2160 pixeles verticales.
<b>Características</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En pantallas pequeñas posee una buena resolución</li> <li>• Ya no es la norma la que se utiliza, se encuentra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene una resolución del doble que la HD.</li> <li>• Posee imágenes muy nítidas.</li> <li>• Formato de consumo más vendido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolución del doble que FULL HD.</li> <li>• Desarrollada para el uso en pantallas de cine y cámaras</li> </ul>



	en decadencia • Su precio es bajo.		cinematog ráficas
<b>Otras denominaciones</b>	High Definition, HD reality, 720p	Full High Definition HD ready 1080p, 1080p.	DCI, 4K
<b>Tamaño de la imagen</b>	1280 x 720 = 921 600. 0.9 megapíxeles.	1920 x 1080 = 2.1 megapíxeles.	4096 x 2160 = 8.8 megapíxeles.



Figura 7. Formatos de grabación

## 2.2 Ambisonics

Es un sistema de sonido envolvente el cual permite grabar audio en sistemas en los que el oyente percibe el sonido en un espacio tridimensional.

Se basa en criterios psico acústicos de la persona, tomando la localización de los sonidos que presenta el sistema auditivo, y las características de un campo sonoro. La ventaja de Ambisonics es reproducir sonido inmersivo.

### **2.2.1 Origen Ambisonics**

Ambisonics se originó en el año de 1970, por investigadores británicos, auspiciados por *National Research Development Corporation* (NRDC), la cual era una empresa dedicada a la investigación y desarrollo tecnológico del gobierno británico, para los sectores públicos y privados, creado para la segunda guerra mundial. El principal inventor de esta idea fue Michael Gerzon.

La palabra “Ambisonics” proviene del latín *ambire* que significa rodear y el sustantivo *sonus* que significa sonido y resaltan el sonido envolvente.

### **2.2.2 Técnicas de grabación Ambisonics**

Las técnicas utilizadas Ambisonics se basan en una teoría matemática, que es conocida como la teoría de los armónicos esféricos, en la que se puede crear una señal por la suma de componentes individuales. La cantidad de armónicos que se usen determinan el orden de la teoría Ambisonics. El primer orden está compuesto por el orden cero y las señales X, Y, Z como el segundo orden.

#### **2.2.2.1. Microfonía clásica**

Es una microfonía en la cual se utilizan 4 micrófonos, los cuales 1 es omnidireccional que capta el ambiente de la grabación y los otros 3 micrófonos son bidireccionales. Cada micrófono está direccionado en cada eje de coordenadas.

Esta técnica tiene una condición fundamental la cual es que todos los micrófonos tienen que ser coincidentes, lo que resulta muy complicado si se quiere utilizar micrófonos independientes y esto puede afectar al resultado final de la grabación.

#### **2.2.2.2. Microfonía Ambisonics**

Posee una cápsula tetraédrica prediseñada en la cual se colocan los micrófonos, específicamente cardioides. La señal de cada micrófono se procesa para que den 4 señales de salida y obtener un canal con 4 señales distintas en 360°



*Figura 8.* Micrófono Sennheiser Ambeo VR 3D

### **2.2.3 Formatos Ambisonics**

Con las técnicas de grabación se obtienen 4 señales que se relacionan entre ellas de cierta manera y cada técnica entrega un formato diferente.

#### **2.2.3.1. Formato A**

Al realizar la grabación en Ambisonics se obtienen cuatro señales en formato A en el que se le llama formato A. Como Ambisonics trabaja en formato B es necesario realizar una conversión de A-B para poder manipular estas señales.

La microfonía Ambisonics utiliza 4 micrófonos, colocadas en cuatro cápsulas en forma de tetraedro. Los micrófonos están orientados al eje de coordenadas. Los micrófonos corresponden a cuatro de los vértices del corresponden al cubo en la cabeza.

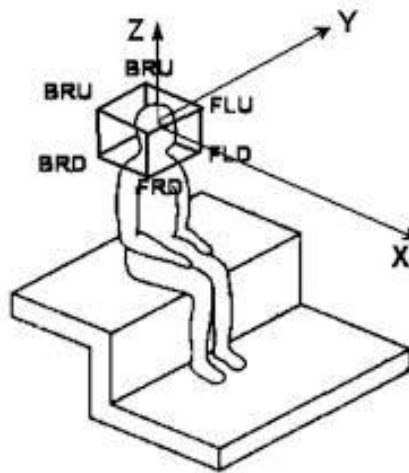


Figura 9. Posicionamiento de los micrófonos en cada eje

### 2.2.3.2. Formato B

Corresponde a las cuatro señales de los micrófonos de la grabación clásica. Se reconoce cada uno de los canales con las letras W, X, Y Z.

## 2.3 Descriptores de ruido

Los descriptores de ruido ayudan a poder cuantificar y valorar el ruido hacia el oído humano y poder medirlo. Existen varios tipos de descriptores:

### 2.3.1 Nivel sonoro continuo equivalente LAeq

Es un nivel de presión sonora que posee ponderación A de sonidos continuos o constantes durante un tiempo determinado. Es decir, promedia la amplitud del sonido medido en un lapso de tiempo. Se lo conoce como LAeq cuya fórmula es la siguiente.

$$LA_{eq} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{P(t)}{P_0} \right)^2 dt \right)$$

T= tiempo transcurrido

P= presión sonora instantánea

P0= presión de referencia

### 2.3.2 Niveles percentiles LN

Es el nivel de presión sonora alcanzado o superado en un periodo determinado (N%).

Los niveles de percentiles más medidos son:

Nivel L1: Nivel de presión sonora que es superado el 1% del tiempo de medición. Es el nivel máximo de ruido.

Nivel L10: Nivel de presión sonora superado el 10% del tiempo de medición.

Nivel L50: Nivel de presión sonora superado el 50%. Es decir, es el ruido medio o mediana estadística.

Nivel L90: Nivel de presión sonora superado el 90% del tiempo, también se lo puede considerar como el valor de ruido de fondo.

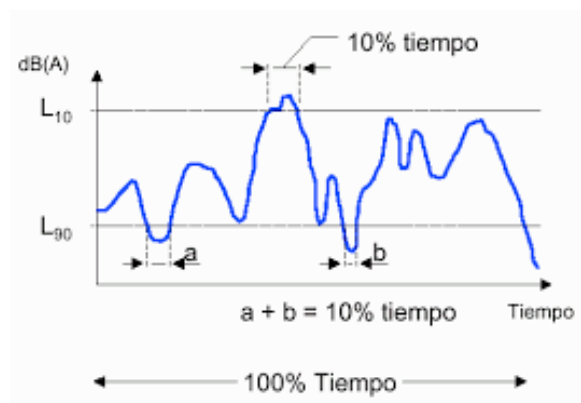


Figura 10. Niveles de presión sonora según el porcentaje

## 2.4 Tráfico vehicular en la ciudad de Quito

El incremento de vehículos en el Distrito Metropolitano de Quito ha generado en las zonas urbanas de la ciudad de Quito problemas de congestión, ruido urbano y emisión de gases que contaminan el aire.

Quito ocupa el vigésimo sexto lugar entre las ciudades más congestionadas en el mundo. Sus conclusiones son hechas gracias a una investigación de *big data*

sobre congestión y tendencias de movilidad. Los estudios realizados dieron a conocer que se pierde 173 horas en atascos al año.

Una medida tomada para eliminar la congestión fue el pico y placa, que da un porcentaje de 30% a 40% de eliminación de vehículos privados en la vía en horas pico. (EL Comercio, 2019b)



*Figura 11.* Tráfico vehicular de Quito. El Comercio (2019)

### **3 Capítulo III. Recolección de datos**

#### **3.1 Descripción del área de estudio**

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra ubicado 2850 metros sobre el nivel del mar, con una superficie de 4.183 km<sup>2</sup> en el centro norte de la provincia de Pichincha con una población de 2' 239.191 de habitantes según el último censo (INEC, 2010). Quito se encuentra conformado por 32 distritos urbanos y 33 rurales. Sus límites son al norte la provincia de Imbabura. Al sur los cantones Rumiñahui y Mejía. Al este los cantones Pedro Moncayo, Cayambe y la Provincia de Napo y al oeste cantones como Pedro Vicente Maldonado, Los Bancos y la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

En 1978 el Distrito Metropolitano de Quito fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la UNESCO (Ecuador travel, 2017).

## **3.2 Descripción de las zonas**

### **3.2.1 Parroquia de Calderón**

Se encuentra ubicada en el centro de la Provincia de Pichincha, al noreste de del Distrito Metropolitano de Quito. La parte analizada corresponde al iniciar la Panamericana norte en el que delimita con la avenida Simón Bolívar, donde se encuentra una gran afluencia de vehículos de todo tipo como autos livianos, pesados, motos. Además, la gran cantidad de personas que transitan por esta zona ya que muy cerca se encuentra el nuevo centro comercial El Portal.

### **3.2.2 El Condado**

Se encuentra ubicado en el noroccidente del Distrito Metropolitano de Quito, al norte de la Ofelia y Cotocollao. Se encuentra habitada mayoritariamente por familias de clase media alta y alta ya que tiene grandes urbanizaciones como el Quito Tennis Golf Club. La grabación se lo realizó en el redondel del Condado ya que ahí se encuentra gran afluencia de carros y personas que van al centro comercial El Condado y sus avenidas Diego de Vásquez y Mariscal Sucre.

### **3.2.3 Ponciano**

Esta parroquia se encuentra dividida en dos partes Alto y Bajo. Mayormente esta parte de la ciudad se encuentran zonas residenciales y también unidades educativas. Sus principales vías que cruzan son la Diego de Vásquez y la Real Audiencia. El lugar donde se grabó fue en la Real Audiencia y Moisés Luna Andrade ya que es una zona residencial que tiene afluencia de carros livianos, pesados y motos. Además, se realizó la grabación en el terminal de la Ofelia donde se encuentran la mayor parte de buses pesados que circula en la capital.

### **3.2.4 Cotocollao**

Es uno de los sectores más antiguos del Distrito Metropolitano de Quito. Cuenta con edificaciones muy similares al centro Histórico que cuentan como Patrimonio de la urbe. En los últimos años se ha caracterizado por su gran movimiento comercial y sus principales vías son De la Prensa, Diego de Vásquez y las calles Machala y 25 de Junio. Donde se realizó la grabación es en la Manta y Diego de

Vásquez siendo un lugar donde circula el transporte público del Metro, en la que existe mucha afluencia vehicular.

### **3.2.5 Kennedy**

Es un sector con gran afluencia de vehículos livianos, pesados, motos. Las cuales sus principales avenidas son Galo Plaza Lazo, 6 de Diciembre, Rafael Bustamante y Capitán Ramon Borja. El lugar que se escogió para la grabación es en la avenida Galo Plaza Lazo y Del Maestro ya que existe una gran cantidad de vehículos que transitan por esta zona

### **3.2.6 Iñaquito**

Uno de los distritos de gran tamaño, se encuentra ubicado en los alrededores del Parque La Carolina. En esta zona se encuentran algunos de los centros comerciales más importantes de la capital como Mall El Jardín, Quicentro Shopping, Centro Comercial Iñaquito (CCI), Centro Comercial Caracol, Centro Comercial Naciones Unidas (CCNU). Sus principales vías son Amazonas, De Los Shyrys, 6 de Diciembre y Eloy Alfaro, República Del Salvador, República, Mariana De Jesús, Portugal y Naciones Unidas.

Los puntos escogidos en este sector son los más importante ya que existe gran afluencia peatonal, tránsito y además parques y bulevares

### **3.2.7 El Inca**

Sector en el cual existe gran circulación de vehículos pesados, livianos, motos, también circulación peatonal y se encuentra la estación de la ecovía Rio Coca. Sus principales avenidas son Avenida el Inca y Eloy Alfaro, Avenida Las Palmeras y Avenida 6 de Diciembre

### **3.2.8 La Mariscal**

Uno de los más importantes barrios del Distrito Metropolitano de Quito, siendo un gran núcleo comercial y turístico. Sus límites son Patria, 12 de Octubre, 10 de Agosto y Francisco de Orellana. Dentro de este sector se encuentra un La Plaza Foch uno de los barrios más visitados por turistas y personas locales ya que



existe bares, discotecas, karaokes, etc. Las principales vías que atraviesan esta zona es La Amazonas, y Juan León Mera.

### **3.2.9 Gonzales Suárez**

Delimitado por la avenida Gonzales Suárez, Avenida Coruña, Francisco de Orellana y 12 de Octubre. Este barrio es el de más plusvalía del Distrito Metropolitano de Quito ya que para las inmobiliarias otorga una excelente vista hacia los valles. Gran afluencia de vehículos livianos y motos, así como peatones ya que se encuentra una Unidad Educativa cerca.

### **3.2.10 Guápulo**

Se encuentra ubicado a menor altura al resto de la ciudad, es un barrio histórico de gran importancia. Aquí podemos encontrar el monasterio de Guápulo y tiene una vista a los valles de Tumbaco y Pifo.

### **3.2.11 Centro Histórico**

Se encuentra Ubicado en el centro Sur de la ciudad de Quito, en una superficie de 3.75 km<sup>2</sup>, declarado el primer patrimonio Cultural de la Humanidad. En este punto se realizó varias grabaciones ya que se encuentra con gran afluencia de personas y también en la parte vehicular. Se tomo varios puntos considerando la congestión peatonal y vehicular.

### **3.2.12 La Vicentina**

Los Limites de este sector son las Avenidas Ladrón de Guevara y la avenida Velasco Ibarra. Como sitios populares en este sector se encuentran el Obelisco, el Parque central Vacas Galindo y en donde se realizó la grabación el Parque José Gabriel Navarro, más conocido como “El Parque de las tripas”

### **3.2.13 Chimbacalle**

Barrio que se encuentra limitado por: al norte la Alpahuasi, al sur por el Cerro Corazón, al este la avenida Napo y al oeste la avenida Maldonado. En este punto se encuentra la estación del ferrocarril donde se grabó un punto estratégico para

su análisis y en la parte posterior la avenida Carlos María de la torre donde existen circulación de transporte liviano, pesado y motos.

### **3.2.14 La Magdalena**

Sector en el cual se encuentran muchos establecimientos educativos, por tanto, tiene una gran circulación peatonal y vehicular ya que existen líneas de transporte público como los corredores y buses particulares.

### **3.2.15 Chillogallo**

Parroquia con gran afluencia vehicular y peatonal ya que aquí se puede encontrar supermercado, mercados y más. Se encuentra conformado por 140 barrios y habitan unas 500.000 personas.

## **4 Capítulo IV Metodología**

La metodología realizada fue cuantitativa y cualitativa. En la metodología cuantitativa se tiene los descriptores de ruido el (LAeq) que es el sonido continuo equivalente en cada uno de los puntos grabados y en cuanto a la metodología cualitativa se realizó un total de 89 grabaciones en diferentes puntos estratégicos del Distrito Metropolitano de Quito. Cada una de las grabaciones tiene una duración de exactamente 1 minuto la cual se puede evidenciar: peatones, tráfico, animales, tipos de transporte y ruido comercial.

Las grabaciones tuvieron como objetivo poder visualizar los entornos urbanos de la ciudad de Quito y poderlos observar a través de realidad virtual.

### **4.1.1 Equipamiento**

En la grabación se tomó en cuenta que los equipos como la cámara Ricoh Theta y su micrófono estén en correcto funcionamiento, calibrados y listos para el correcto uso de ellos. Además de sus componentes adicionales como el sonómetro, micrófono y el casco que es la base en la cual se asienta la cámara y los micrófonos.

#### **4.1.1.1. Ricoh Theta V**

Cámara que graba imágenes fijas en 360° con una alta resolución y procesamiento de imágenes muy precisos. Produce videos realistas gracias a los 2 formatos full HD (1920 x 1080 Mbps) y 4K (3840 x 1920, 56 Mbps). Además, está equipado por un micrófono ambisónico de primer orden. Es decir, de 4 canales independientes que puede grabar en 4 direcciones distintas e incorpora “Snapdragon™”, de Qualcomm que es la velocidad de transferencia de imágenes y videos.



*Figura 12.* Cámara Ricoh Theta V

#### **4.1.1.2. Micrófono Ricoh Theta 3D Ta-1**

Es un micrófono 3D que solo se lo puede adaptar a la marca Ricoh Theta para poder grabar audio balanceado, que puede reproducirse en cualquier dispositivo sin darle color o alguna exageración. Este micrófono fue creado por Audio-Technica. Es un micrófono ambisónico cardioide de 4 canales de condensador con carga fija. Su peso es aproximadamente de 63 gramos.



Figura 13. Micrófono Audio-Technica Ricoh Ta-1 de 4 canales ambisónico

#### 4.1.1.3. Adobe Premiere Pro CC

Es un software de edición de audio y video que lo creo Adobe. Cuenta con una plataforma que organiza en espacios de trabajo que tiene por etapas de la edición: ensamblaje, edición, color, efectos, audio y títulos. Adobe nos ayuda a transformar nuestros videos monos a estéreo binaurales y ambisónico para poder tener la percepción de realidad virtual en cada uno de ellos.

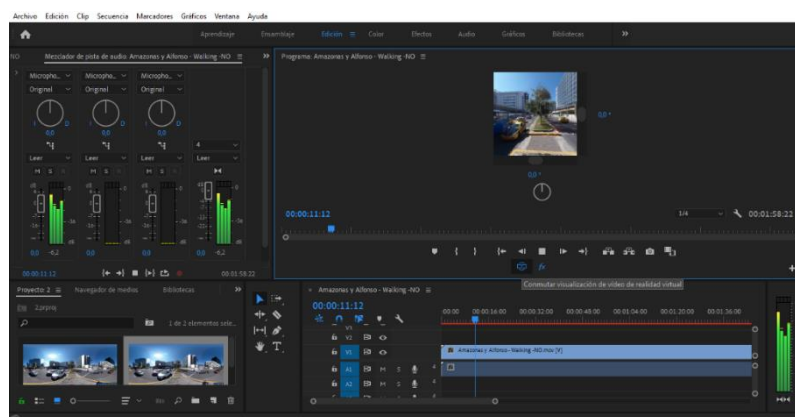


Figura 14. Plataforma Adobe Premiere Pro CC 2019.

#### 4.1.1.4. Aplicación de transferencia de archivos RICOH THETA

Esta aplicación nos ayudar a descargar los videos grabados por la cámara Ricoh Theta V a cualquier destino que el usuario requiera. Se lo puede descargar gratuitamente desde la página de Theta directamente

(“<https://support.theta360.com/es/download/>”). Existe para Windows y Mac según el tipo de ordenador que se tenga.

#### **4.1.1.5. Aplicación de conversión 4K con audio espacial de YouTube movie converter**

Esta aplicación nos ayuda a la conversión del video que originalmente se encuentra en “MP4” a “MOV” para poder subir a la plataforma de YouTube o para poder editar el video en cualquier plataforma de edición que el usuario requiera.

#### **4.1.1.6. Theta**

Aplicación para un dispositivo móvil el cual mediante Wireless ayuda a manejar con mayor facilidad la cámara de manera inalámbrica.

#### **4.1.1.7. Características y uso de equipos**

A continuación, se describirá cada uno de los equipos utilizados para la grabación y que papel desempeño en la investigación.

*Tabla 2.*

Equipos utilizados en las grabaciones

Equipo	Marca	Modelo	Uso
Cámara	Ricoh Theta	V	Grabación de imagen 360
Micrófono	Ricoh Theta	3D Ta-1	Grabación de audio ambisónico de 4 canales
Sonómetro	NTI Audio	XL2	Medición del ruido (LAeq)
Micrófono	NTI Audio	MA220	Medición del ruido (LAeq)

Casco de bicicleta			Base para la cámara y micrófonos
Celular	Samsung	S8	Control inalámbrico de la cámara

#### 4.1.2 Pasos de conversión de video 360°

1. Abrir aplicación de transferencia Ricoh Theta

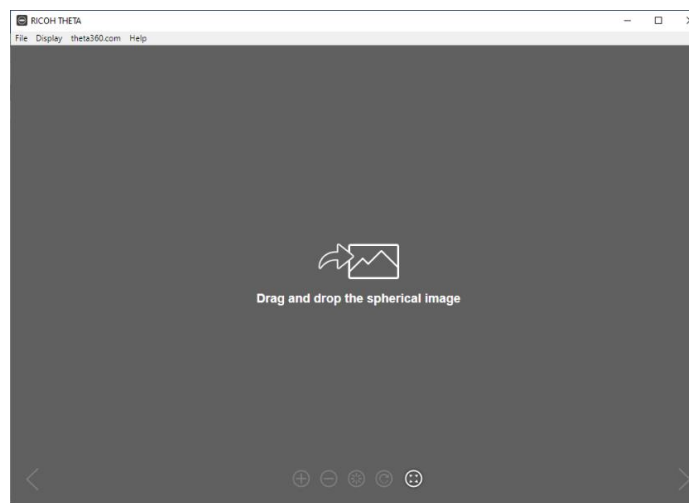


Figura 15. Plataforma de transferencia de archivos Ricoh Theta

## 2. Abrir el video desde la cámara Ricoh Theta

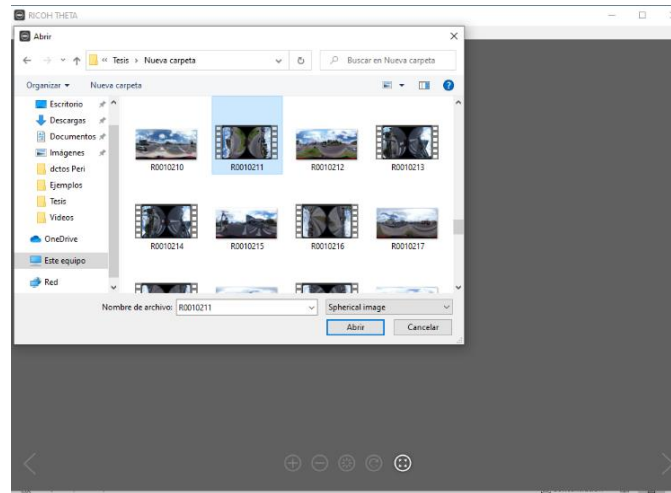


Figura 16. Abrir el video en la plataforma

## 3. Seleccionar la carpeta en la que se quiere guardar el video

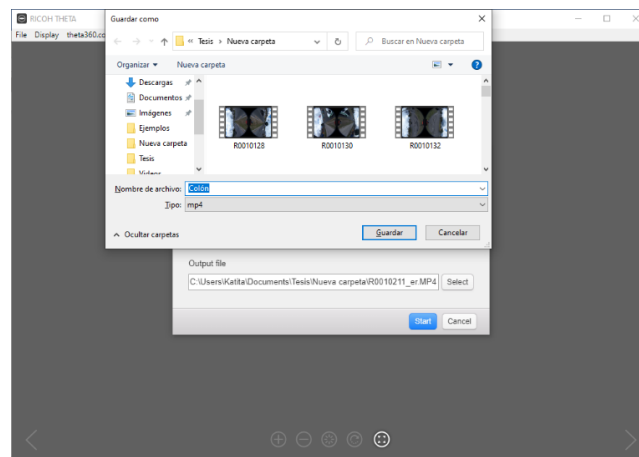


Figura 17. Ubicación del archivo

#### 4. Al guardar el archivo se obtiene un formato MP4

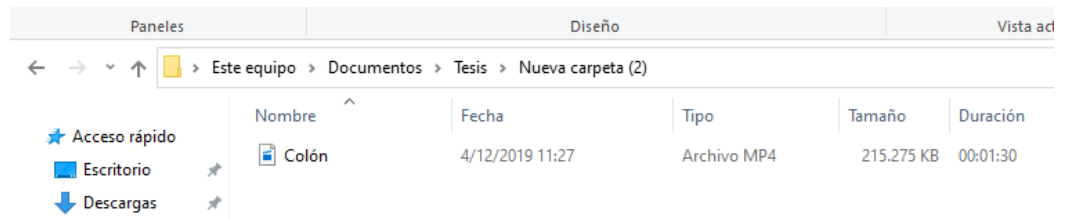


Figura 18. Transferencia del archivo mediante la aplicación

#### 5. Al archivo MP4 lo arrastramos a la aplicación Ricoh Theta movie converter

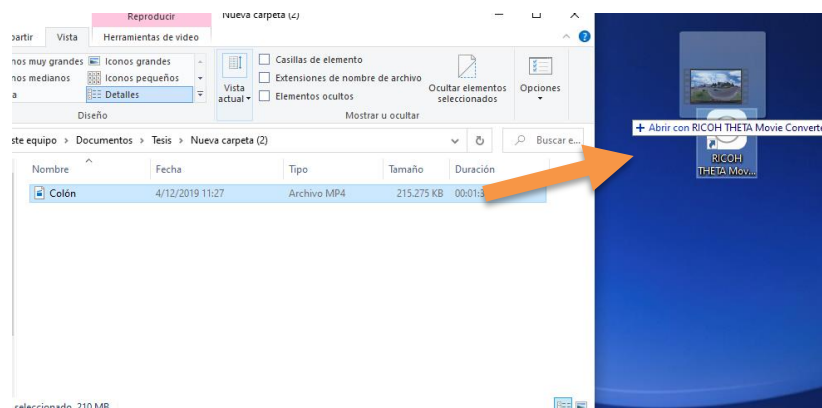


Figura 19. Arrastrar el archivo MP4 al convertidor

#### 6. Cuando hemos enviado el archivo MP4 a Ricoh theta movie converter, se obtiene un archivo .MOV que servirá para la edición del video

Nombre	Fecha	Tipo	Tamaño	Duración
Colón	9/1/2020 8:33	Archivo MOV	212.331 KB	00:01:30
Colón	4/12/2019 11:27	Archivo MP4	215.275 KB	00:01:30

Figura 20. Verificación de la transformación de MP4 a .MOV



### 4.1.3 Pasos de edición sonido con Adobe Audición Pro CC 2019

A continuación, se explicará cómo utilizar Adobe Premiere Pro CC 2019 para editar los videos de Ricoh Theta V.

1. Ir a la ventana de EDICION → PREFERENCIAS → LINEA DE TIEMPO → MEDIOS MONO MULTICANAL, seleccionar en modo adaptable.

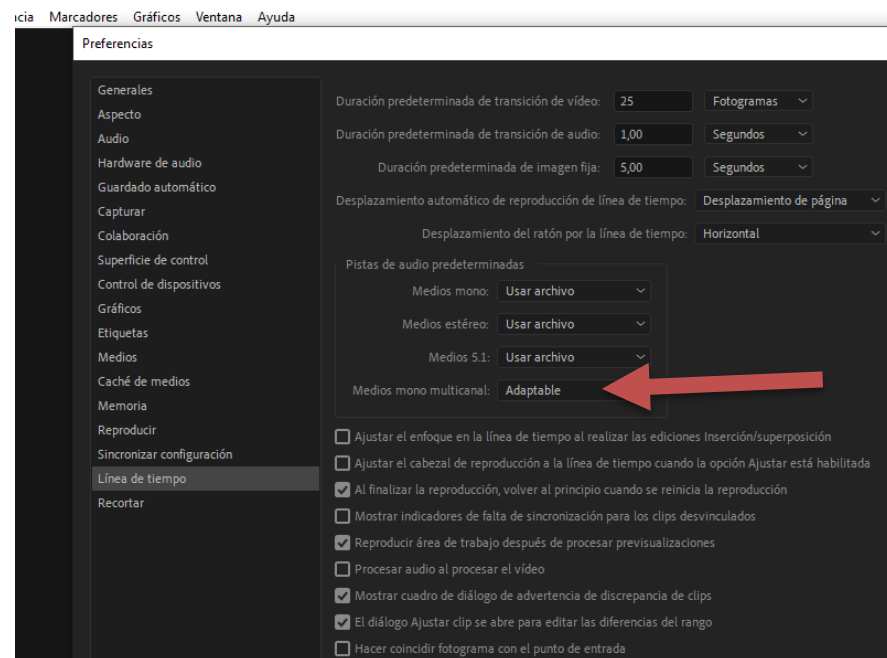


Figura 21. Cambio de medios mono multicanal a modo adaptable

2. Este es uno de los pasos más importantes ya que en lugar de importar directamente el archivo, se crea una nueva secuencia yendo a ARCHIVO → NUEVA → SECUENCIA. En los ajustes que están preestablecidos en la secuencia, hacer clic en VR y abajo de Monoscópico colocar 3840 x 1920 29.97 fps ambisónico.

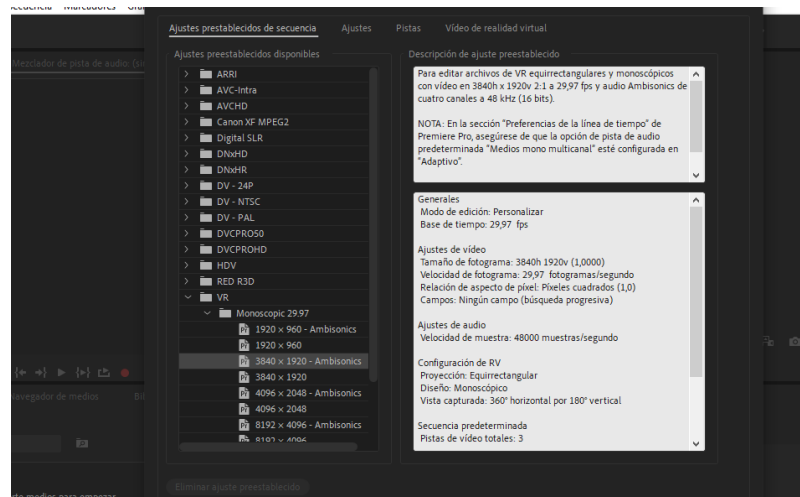


Figura 22. Formato 3840 x 1920 ambisónico para realidad virtual

3. Importar el video convertido .MOV explicado anteriormente. Este video debe contener una pista de audio A1 la cual consta de cuatro canales de audio si los expandimos. Si el video consta de cuatro pistas de audio separadas A1-A4, no realizó el anterior paso correctamente. Debes regresar.

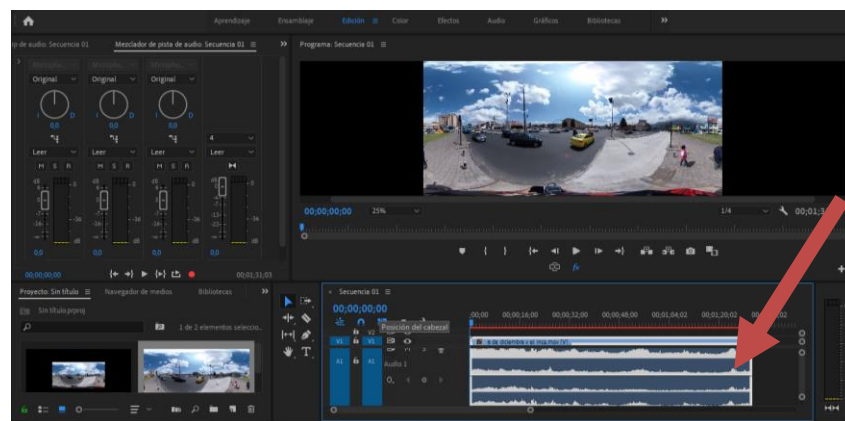


Figura 23. Verificación de 4 canales de audio en 1 pista

4. Verificar que el audio y el video estén sincronizados, aunque Adobe Premiere ya los sincroniza por defecto. Una vez sincronizado, vaya al mezclador de pistas de audio. Aplique el efecto ambisónico de binaural al canal maestro.

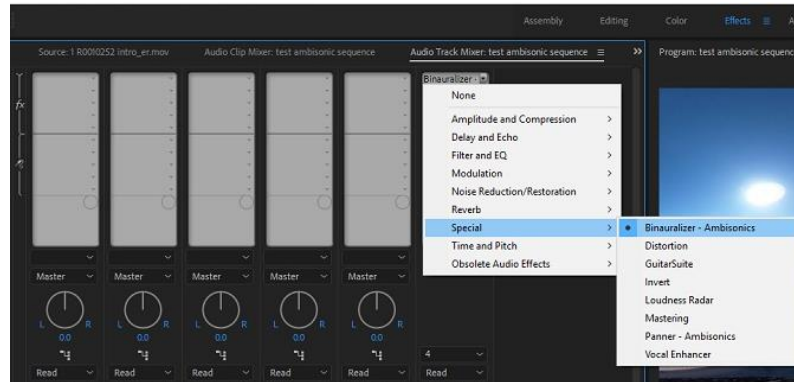


Figura 24. Efecto de binauralización ambisónico

- Al terminar de editar el video, es momento. Seleccionar a ARCHIVO seguido en el botón EXPORTAR y por último MEDIOS. En los ajustes preestablecidos de exportación, elija VR Monoscópico con Ambisonics. En la pestaña VIDEO del cuadro de dialogo de confirme que la casilla VR esté marcada. En la pestaña AUDIO del cuadro de dialogo de confirme que el audio es AAC que hay 4 canales, la profundidad de bits sea 512 y la casilla de verificación Ambisonics.

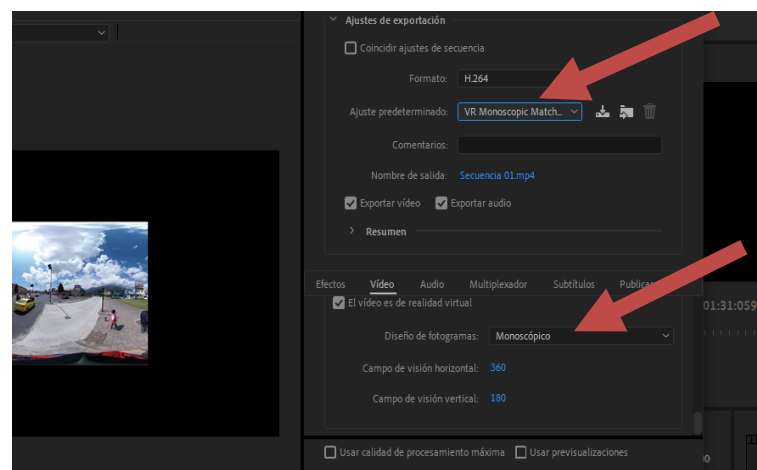


Figura 25. Adobe Premiere Pro CC 2019 ventana de video para Realidad Virtual

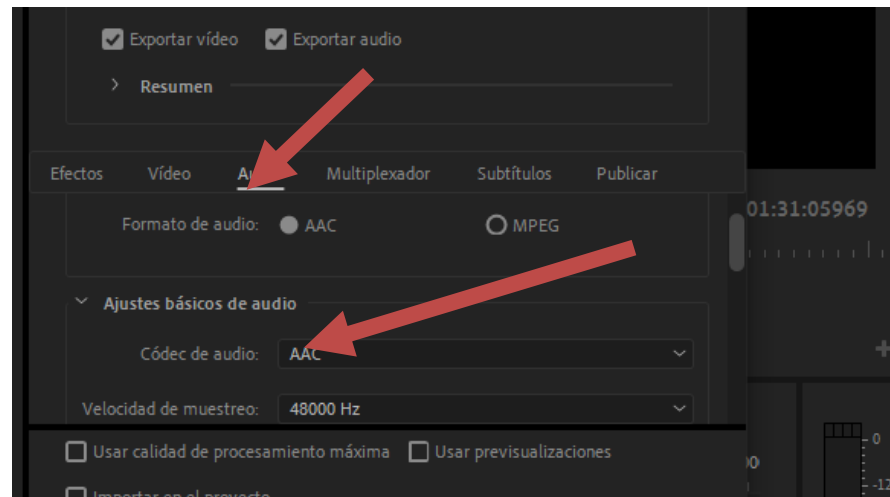


Figura 26. Adobe Premiere Pro CC 2019 ventana de audio 4 canales

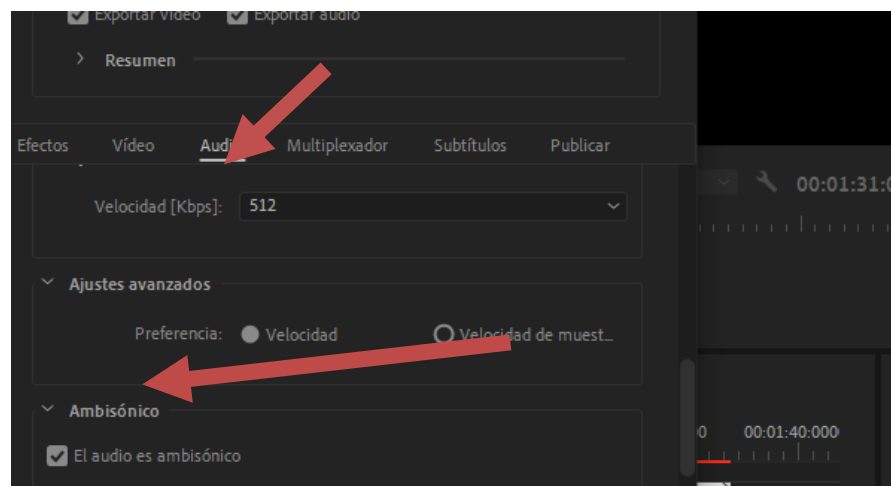


Figura 27. Adobe Premiere Pro CC 2019 ventana de audio velocidad kbps y verificación de audio ambisónico

## 5 Capítulo IV Resultados y Análisis.

En este capítulo se describe el análisis de las grabaciones obtenidas, en varios entornos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito. Además de la grabación, se realizó una medición de niveles mediante un sonómetro de manera simultánea. Finalmente, los resultados fueron subidos a la plataforma de YouTube y también entregados de manera física mediante un disco externo.

## 5.1 Producto Audiovisual.

Estos videos presentan varios entornos urbanos a lo largo de la ciudad de Quito, para ser utilizados en proyectos de investigación que utilicen recursos de realidad virtual.

### 5.1.1 Concepción y desarrollo del concepto de los videos.

El objetivo es grabar videos que registren un entorno urbano cotidiano de la ciudad de Quito, como producto de información y caracterización de las zonas grabadas. Además, se verifica los niveles acústicos al momento de la grabación.

El desarrollo de los videos se guía bajo el impacto del ruido de la ciudad hacia las personas que lo habitan o lo visitan.

Lo que se desea desarrollar en cada video es el registro del paisaje sonoro en cada uno de los entornos grabados

La duración de grabación en cada uno de los puntos es de un minuto exactamente (1:00), cada grabación resume la información de cada punto a lo largo de la ciudad de Quito abasteciendo de conocimiento al espectador.

Las localizaciones de grabación han sido escogidas de acuerdo con un análisis de ubicación según el mapa de ruido de la ciudad y de gran importancia para los moradores y turistas de la zona.

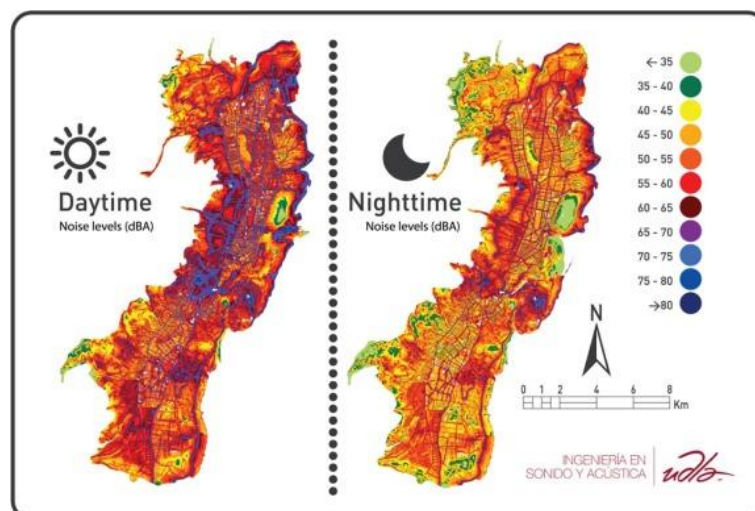


Figura 28. Mapa de Ruido del Distrito Metropolitano de Quito (Bravo, 2017)

### 5.1.2 Aplicación de los videos en puntos estratégicos de la ciudad de Quito.

Comprendiendo el objetivo general de este proyecto, Los videos serán presentado a través de una plataforma Web YouTube para ser utilizados en proyectos de investigación que utilicen recursos de realidad virtual. Esta herramienta de realidad virtual permitirá apreciar de manera más enriquecedora lo que significa estar en los lugares de grabación.

### 5.1.3 Producto final.

Una vez ya acabada la edición del video con el sonido 360 se procede a colgar todos los videos a YouTube para que su acceso sea más fácil y didáctico al espectador. A continuación, se mostrará una tabla con el nombre de los lugares grabados, su ubicación a lo largo de la ciudad de Quito. Su dirección web y además el nivel de ruido continuo (LAeq) que tiene cada uno de los lugares durante un minuto.

*Tabla 3.*

*Tabla de archivos con su ubicación, nivel sonoro continuo equivalente (LAeq), (LCeq), uso de suelo y enlace web*

<b>No. video</b>	<b>Ubicación</b>	<b>LAeq</b>	<b>LCeq</b>	<b>Uso de Suelo</b>	<b>Enlace web</b>
1	Parque Gabriel García Moreno	56.3	70	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=1_QX4ssO4_c">https://www.youtube.com/watch?v=1_QX4ssO4_c</a>
2	Av. 6 de Diciembre y Av. El Inca	72.7	97.1	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=3zJTAPv_6yM">https://www.youtube.com/watch?v=3zJTAPv_6yM</a>
3	Ajaví y Arteta	70.6	78.7	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=lfdgeQJpO28">https://www.youtube.com/watch?v=lfdgeQJpO28</a>

4	Alexander Von Humboldt	58.8	68.6	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=cnTxJfG1BUQ">https://www.youtube.com/watch?v=cnTxJfG1BUQ</a>
5	Parque EPMAPS	63.3	68.4	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=tyPhvPMsLkQ">https://www.youtube.com/watch?v=tyPhvPMsLkQ</a>
6	Amazonas - Inca - Int	76.4	86	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=VgWCU0P5usc">https://www.youtube.com/watch?v=VgWCU0P5usc</a>
7	Amazonas y Alfonso Pereira	74.5	84.1	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=-8o9llz3Su4">https://www.youtube.com/watch?v=-8o9llz3Su4</a>
8	Amazonas y NNUU	72.5	82.9	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=hPVCgTFTOLc">https://www.youtube.com/watch?v=hPVCgTFTOLc</a>
9	Parque El Florón.	60.9	72.2	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=sUei6zw3SpY">https://www.youtube.com/watch?v=sUei6zw3SpY</a>
10	Angamarca y Mariscal Sucre	73.1	84.8	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Vv1ifivKbY">https://www.youtube.com/watch?v=Vv1ifivKbY</a>
11	Baca Ortiz (Av. 6 de Diciembre y Luis Cordero)	73.1	82.7	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=YsNJhB1Mww">https://www.youtube.com/watch?v=YsNJhB1Mww</a>
12	Av. Amazonas y Holguín	64.5	81.5	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=HNzlrhiV-o">https://www.youtube.com/watch?v=HNzlrhiV-o</a>
13	Galápagos	55.5	69.7	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=HREJBA20cuY">https://www.youtube.com/watch?v=HREJBA20cuY</a>
14	Av. Carlos María de la Torre	75.9	83.3	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=dh0rX-YAe8k">https://www.youtube.com/watch?v=dh0rX-YAe8k</a>
15	Chile y Juan Pío Montúfar	77.9	83	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=i7Jre611RSQ">https://www.youtube.com/watch?v=i7Jre611RSQ</a>
16	Av. Colón	66.4	80.4	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=llzO18JpsgU">https://www.youtube.com/watch?v=llzO18JpsgU</a>

17	Polonia	54.8	64.4	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=YxwzXIUG9ul">https://www.youtube.com/watch?v=YxwzXIUG9ul</a>
18	Cumandá y Piedra	68.6	81.8	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=cZ0R4Z2Ja_E">https://www.youtube.com/watch?v=cZ0R4Z2Ja_E</a>
19	Eloy Alfaro y 6 de Diciembre	70.5	83.6	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=krew6cil3FM">https://www.youtube.com/watch?v=krew6cil3FM</a>
20	Estación Tren	69.1	83.8	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=oexhjZbWvP8">https://www.youtube.com/watch?v=oexhjZbWvP8</a>
21	Plaza de San Blas	62.9	76.3	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=qm0R0kygcF0">https://www.youtube.com/watch?v=qm0R0kygcF0</a>
22	Galo Plaza y Los Arupos	78.5	87.7	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=r1UZnNOaq98">https://www.youtube.com/watch?v=r1UZnNOaq98</a>
23	García Moreno	67.1	72.9	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=1620Wu_iODg">https://www.youtube.com/watch?v=1620Wu_iODg</a>
24	González Suárez	71.5	80.4	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=FMnjojAILJk">https://www.youtube.com/watch?v=FMnjojAILJk</a>
25	Av. América y NNUU	68.3	84.5	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Raet_pTkY1E">https://www.youtube.com/watch?v=Raet_pTkY1E</a>
26	González Suárez y José Bosmediano	72	80.4	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=sRNkolvisyo">https://www.youtube.com/watch?v=sRNkolvisyo</a>
27	Av. Jose de Villalengua (Hospital Vozandes)	60.2	80.1	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=stjQ30SIVtM">https://www.youtube.com/watch?v=stjQ30SIVtM</a>
28	Av. Gran Colombia (Hospital Isidro Ayora)	74.2	84.2	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=2lvPBspc0ro">https://www.youtube.com/watch?v=2lvPBspc0ro</a>



29	Isla Floreana.	59	70.3	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=0F-SrK-Jlrk">https://www.youtube.com/watch?v=0F-SrK-Jlrk</a>
30	Isla Isabela y San Cristobal	53.2	65.3	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Wyj9Nh1YxrA">https://www.youtube.com/watch?v=Wyj9Nh1YxrA</a>
31	Japón y Vicente Cárdenas	59.5	72.2	Múltiple/Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=L7J6SkIOlhY">https://www.youtube.com/watch?v=L7J6SkIOlhY</a>
32	Av. Pichincha (Marín Central)	71.4	82.7	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=tCSso6Dr1vE">https://www.youtube.com/watch?v=tCSso6Dr1vE</a>
33	Av. Amazonas y Eloy Alfaro	68.3	79.1	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Rm36ilc4ffY">https://www.youtube.com/watch?v=Rm36ilc4ffY</a>
34	La Ronda	54.8	68.6	Residencial Urbano 2/3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=nMK4v7_tOpk">https://www.youtube.com/watch?v=nMK4v7_tOpk</a>
35	Las Palmeras	71.4	83.7	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=MIzkgCrtK6g">https://www.youtube.com/watch?v=MIzkgCrtK6g</a>
36	Av. Pichincha (Playon de la Marín)	74.5	84.6	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=abhnNyOnVe8">https://www.youtube.com/watch?v=abhnNyOnVe8</a>
37	Parque República de Nicaragua (Guanguiltagua)	64.4	83.3	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=S4dJ489x42M">https://www.youtube.com/watch?v=S4dJ489x42M</a>
38	Mejía y García Moreno	59.4	72.2	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=DIsXgZ3x7Wg">https://www.youtube.com/watch?v=DIsXgZ3x7Wg</a>
39	Mirador Guápulo.	59.1	69.3	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=3UCB9Sqcl6E">https://www.youtube.com/watch?v=3UCB9Sqcl6E</a>
40	Morán Valverde y Teniente Hugo Ortiz.	72.6	83.6	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=JN9_onk8f3E">https://www.youtube.com/watch?v=JN9_onk8f3E</a>

41	Parque México	64.5	82.8	Equipami ento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=izzZZGMhqa0">https://www.youtube.com/ watch?v=izzZZGMhqa0</a>
42	Av. Morán Valverde y Rumichaca Ñan.	76.1	84.3	Equipami ento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=3NcuJgU1zRg">https://www.youtube.com/ watch?v=3NcuJgU1zRg</a>
43	Av. Antonio José de Sucre y Manuel Valdiviezo.	78.3	84.3	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ssqYkN3vRKc">https://www.youtube.com/ watch?v=ssqYkN3vRKc</a>
44	Parque Bomberos.	50.3	67	Equipami ento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=cmExi8ApWD4">https://www.youtube.com/ watch?v=cmExi8ApWD4</a>
45	Eloy Alfaro y Portugal	66.1	79.5	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=JSfAtXRdINo">https://www.youtube.com/ watch?v=JSfAtXRdINo</a>
46	Parque Gabriela Mistral.	60.1	75.4	Equipami ento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=K-Ual5evQi0">https://www.youtube.com/ watch?v=K-Ual5evQi0</a>
47	Galo Plaza Laso y Humberto Marín	78.9	84.4	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=eTckO6zJHOA">https://www.youtube.com/ watch?v=eTckO6zJHOA</a>
48	Parque Navarro.	63.8	76.8	Equipami ento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=GYMxs5lbry4">https://www.youtube.com/ watch?v=GYMxs5lbry4</a>
49	Parque Italia	58.8	72.6	Equipami ento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=O9Gk9vBBx28">https://www.youtube.com/ watch?v=O9Gk9vBBx28</a>
50	Calle Venezuela	58.9	72.7	Residenci al Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=FPkK1wob83g">https://www.youtube.com/ watch?v=FPkK1wob83g</a>
51	Av. Pedro Vicente Maldonado y Camino al Conde.	76.3	87.8	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=LLneBxSWNCM">https://www.youtube.com/ watch?v=LLneBxSWNCM</a>

52	Av. Pedro Vicente Maldonado y Av. Morán Valverde.	73.1	86.9	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=8s0kgd9KwFU">https://www.youtube.com/watch?v=8s0kgd9KwFU</a>
53	Plaza Martí	67.6	79.5	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=N-S7ulZ1pjY">https://www.youtube.com/watch?v=N-S7ulZ1pjY</a>
54	Av. Pichincha y Juan Pío Montúfar	74.1	86.4	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=QwqT_qPr80E">https://www.youtube.com/watch?v=QwqT_qPr80E</a>
55	Plaza Chica.	69	81.2	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=B4qwnW1Ah4s">https://www.youtube.com/watch?v=B4qwnW1Ah4s</a>
56	Av. Amazonas y Tomás de Berlanga	74.5	84.3	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=RPBLVH4aIMk">https://www.youtube.com/watch?v=RPBLVH4aIMk</a>
57	10_de_Agosto_y_MDJ_n	63.6	78.3	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=eKNpqh7Epac">https://www.youtube.com/watch?v=eKNpqh7Epac</a>
58	Plaza del Teatro.	68.6	74.1	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=qO_E02jjTuk">https://www.youtube.com/watch?v=qO_E02jjTuk</a>
59	Plaza Foch.	62.8	73.3	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=rrPub_afPhk">https://www.youtube.com/watch?v=rrPub_afPhk</a>
60	Plaza Grande.	61.2	69.6	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=SzT2on7SHY">https://www.youtube.com/watch?v=SzT2on7SHY</a>
61	Parque_Benito_Juarez_n	61.3	70.9	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=RV_1T6rHBCM">https://www.youtube.com/watch?v=RV_1T6rHBCM</a>
62	Plaza de Santo Domingo.	67	80.9	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=3Rokaf8kNU8">https://www.youtube.com/watch?v=3Rokaf8kNU8</a>
63	Av. de la Prensa y Zamora.	73.3	82.3	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=JRc6-cURjoQ">https://www.youtube.com/watch?v=JRc6-cURjoQ</a>

64	Autopista Gral. Rumiñahui (Orquídeas).	78.7	83.3	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=1LQakg2jHZQ">https://www.youtube.com/watch?v=1LQakg2jHZQ</a>
65	Av. 10_de_Agosto_y_Colon	71.1	82	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=mQACLe69JGo">https://www.youtube.com/watch?v=mQACLe69JGo</a>
66	Real Audiencia y Moisés Luna Andrade.	67.6	75.8	Residencial Urbano 2/3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=0nA9a2We36M">https://www.youtube.com/watch?v=0nA9a2We36M</a>
67	Redondel Coliseo Rumiñahui.	68.9	78.7	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=2JijZFajQWM">https://www.youtube.com/watch?v=2JijZFajQWM</a>
68	Redondel El Condado.	72.1	83.2	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=FgJJ63balrs">https://www.youtube.com/watch?v=FgJJ63balrs</a>
69	Av. Eloy Alfaro y Gaspar de Villarreal	65.4	82.7	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=4g-fihXB_S8">https://www.youtube.com/watch?v=4g-fihXB_S8</a>
70	Redondel Entrada Llano Chico.	75.3	86.9	Residencial Urbano 1	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ppVnQ116rfA">https://www.youtube.com/watch?v=ppVnQ116rfA</a>
71	Redondel Plaza Artigas.	70.1	81.8	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ZgYCSI3NV24">https://www.youtube.com/watch?v=ZgYCSI3NV24</a>
72	Redondel Zámbriza.	77.4	85.7	P. Ecologico /RRNN	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ImNrFtdHkVo">https://www.youtube.com/watch?v=ImNrFtdHkVo</a>
73	Portete	60.2	71	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=PTIAEtzpBKA">https://www.youtube.com/watch?v=PTIAEtzpBKA</a>
74	Av. República del Salvador y Moscú.	71.9	78.3	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=e_AJRRN-OrQ">https://www.youtube.com/watch?v=e_AJRRN-OrQ</a>

75	Av. Rumichaca Ñan.	69.1	82.9	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=WNDS00UXHDQ">https://www.youtube.com/watch?v=WNDS00UXHDQ</a>
76	Av. Rumichaca Ñan y Huayanay Ñan.	76.1	86	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=X-3_5OVIM2M">https://www.youtube.com/watch?v=X-3_5OVIM2M</a>
77	Av. NNUU_6_DIC	70.9	83.4	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ddl2PuTOxTw">https://www.youtube.com/watch?v=ddl2PuTOxTw</a>
78	Chile y Guayaquil (Iglesia de San Agustín).	73.6	79.2	Equipamiento/ Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=teTZ6hRLrdc">https://www.youtube.com/watch?v=teTZ6hRLrdc</a>
79	San Gabriel y Espinoza.	63.7	75.2	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=ztkKoGGQmnw">https://www.youtube.com/watch?v=ztkKoGGQmnw</a>
80	Av. De los Shyris.	65.2	75	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=SVydlbgZ2Ew">https://www.youtube.com/watch?v=SVydlbgZ2Ew</a>
81	Andalucía	56.2	65.7	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=3PMp_VVGiVs">https://www.youtube.com/watch?v=3PMp_VVGiVs</a>
82	Av. Simón Bolívar (Monjas Alto)	81.9	87.4	P. Ecol/Conser. Patri. N / Resid Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=hE84xRuSGnk">https://www.youtube.com/watch?v=hE84xRuSGnk</a>
83	Av. teniente Hugo Ortiz y Luis Dressel.	73.6	86.9	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=yjN29-eG-ls">https://www.youtube.com/watch?v=yjN29-eG-ls</a>
84	Transporte Público Centro Comercial Atahualpa.	76.5	86	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=eLcCJ1GCN_c">https://www.youtube.com/watch?v=eLcCJ1GCN_c</a>

85	La Floresta	59.3	71.2	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=i3fe0kh5ciY">https://www.youtube.com/watch?v=i3fe0kh5ciY</a>
86	Av. Diego de Vásquez.	74.4	83.9	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=G-0dfIusXaw">https://www.youtube.com/watch?v=G-0dfIusXaw</a>
87	Panamericana Norte.	78	85.8	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=s85P4u8mK9M">https://www.youtube.com/watch?v=s85P4u8mK9M</a>
88	Transporte Público Cotocollao.	71.8	82.8	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=kGQgjQW7Jk8">https://www.youtube.com/watch?v=kGQgjQW7Jk8</a>
89	Parque Navarro	68.6	76.8	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=DjChFYcVet0">https://www.youtube.com/watch?v=DjChFYcVet0</a>
90	Transporte Público Teniente Hugo Ortiz.	77.8	88.2	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=NE23Lqx2E9k">https://www.youtube.com/watch?v=NE23Lqx2E9k</a>
91	Trébol.	70.9	83.7	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=gusyUnYO7vk">https://www.youtube.com/watch?v=gusyUnYO7vk</a>
92	Av. Velasco Ibarra.	77.6	83.4	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=IW3fNUGw5k8">https://www.youtube.com/watch?v=IW3fNUGw5k8</a>
93	Parque Navarro 2	67.7	75.9	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=K8o9zq_NARk">https://www.youtube.com/watch?v=K8o9zq_NARk</a>
94	Av. El Inca y El Morlán.	78	92.1	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=0w5HtGyeZTk">https://www.youtube.com/watch?v=0w5HtGyeZTk</a>
95	Parque de Cumbayá	55.2	69	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=6BvZBARp8W0">https://www.youtube.com/watch?v=6BvZBARp8W0</a>
96	Av. De los Helechos	72.8	87.9	Residencial Urbano 1	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=WEp8CayQEoc">https://www.youtube.com/watch?v=WEp8CayQEoc</a>

97	Av. República y Amazonas	73.2	80	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=0OIFB8HYizg">https://www.youtube.com/watch?v=0OIFB8HYizg</a>
98	Parque la Carolina	55.2	72.8	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=vFpvvWXmMyM">https://www.youtube.com/watch?v=vFpvvWXmMyM</a>
99	Naciones Unidas	69.9	80.8	Múltiple	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=66P9AvzmxZ0">https://www.youtube.com/watch?v=66P9AvzmxZ0</a>
100	Parque Navarro y Alpallana	73.1	79.9	Residencial Urbano 3	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=bGZGr9He-q4">https://www.youtube.com/watch?v=bGZGr9He-q4</a>
101	Isla Isabela	61.6	71.6	Residencial Urbano 2	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=aC0WxeuJ0FY">https://www.youtube.com/watch?v=aC0WxeuJ0FY</a>
102	Shyris y Eloy Alfaro	73.2	80	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=uSKB1JT0CKk">https://www.youtube.com/watch?v=uSKB1JT0CKk</a>
103	Parque Jipijapa	50.5	61.1	Equipamiento	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=_imnKmxeyrA">https://www.youtube.com/watch?v=_imnKmxeyrA</a>

## **6 Conclusiones y recomendaciones.**

### **6.1 Conclusiones**

Para poder realizar las grabaciones 360° se planteó como metodología grabar con la cámara Ricoh Theta y el sonómetro NTI Audio XL2 simultáneamente, para que el ruido medido tenga concordancia con el video grabado y poder analizar dichos índices posteriormente. Además, se ha escogido un software en cual se ha podido editar un audio ambisónico, es decir un audio creado para realidad virtual.

Como se ha visto en el transcurso del presente trabajo de titulación, se ha grabado varias muestras de diferentes sectores urbanos de la ciudad de Quito, publicado en la plataforma YouTube que podrán ser utilizados en futuros proyectos de investigación que utilicen recursos de realidad virtual.

La representación de los videos de los diferentes puntos de la ciudad de Quito está sujeta a varias características propias de las zonas, como el ruido de tráfico, el comercio que varía según el lugar, los peatones, animales y la cotidianidad de las personas.

Si bien existen varias herramientas tecnológicas para poder realizar las grabaciones 360°, se optó por la cámara Ricoh Theta V ya que nos ofrece una calidad de grabación estable y nítida con calidades para el video de Full HD (1920 x 1080 pixeles) y 4K (4096 x 2160 pixeles) siendo una de las mejores opciones para la grabación 360° en el mercado. Además, brinda la posibilidad de conectar un micrófono de 4 cápsulas que permite obtener audio en formato Ambisonics.

Finalmente, los videos grabados y editados se los podrá utilizar en futuros proyectos de investigación para el análisis de las zonas urbanas del Distrito Metropolitano de Quito, a través de realidad virtual. Ayudando a optimizar recursos en la medición y estudio de varios lugares de Quito.



## **6.2 Recomendaciones**

Existieron varias limitaciones a lo largo del trabajo realizado. Una de las más importantes que se debe tener en cuenta es el factor del clima ya que si hay probabilidades lluvia, las grabaciones no son posibles realizarlas, ya que el agua y la humedad afectan el funcionamiento de los equipos de grabación y medición de ruido

Las limitaciones tecnológicas siempre serán un problema para este tipo de trabajos ya que siempre existen cámaras de más alta gama con la que se podría trabajar de una mejor manera. Sin embargo, se ha escogido las mejores herramientas de grabación con la mejor calidad posible, al alcance y el presupuesto.

Por último, tras realizar las grabaciones, ediciones y obteniendo los niveles de las zonas urbanas del Distrito Metropolitano de Quito, se espera que todo el material recogido ayude a la investigación de los índices de ruido más altos que existe en la ciudad y poder dar una solución para bajar dichos índices que la gente se encuentra expuesta diariamente en las diferentes zonas de Quito.

## Referencias

- Asakura, T., Tsujimura, S., Yonemura, M., Hyojin, L., & Sakamoto, S. (2019). Effect of immersive visual stimuli on the subjective evaluation of the loudness and annoyance of sound environments in urban cities. *Applied Acoustics*, 143, 141-150.
- El Comercio* (2019 a) *Investigación mundial sobre movilidad ubica a Quito en el puesto 26 entre 200 ciudades con más problemas de tráfico* |. Recuperado el 10 de Febrero del 2020, <https://www.elcomercio.com/actualidad/congestion-vehicular-ranking-movilidad-amt.html>
- El Comercio* (2019b) *El ruido en Quito sobrepasa los niveles tolerables* |. Recuperado el 3 de Julio del 2019 <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/ruido-quito-sobrepasa-niveles-tolerables.html>
- Hermida, L., & Pavón, I. (2019). Spatial aspects in urban soundscapes: Binaural parameters application in the study of soundscapes from Bogotá-Colombia and Brasília-Brazil. *Applied Acoustics*, 145, 420-430.
- Jeon, J. Y., & Jo, H. I. (2019). Three-dimensional virtual reality-based subjective evaluation of road traffic noise heard in urban high-rise residential buildings. *Building and Environment*, 148, 468-477.
- Jo, H. I., & Jeon, J. Y. (2019). Downstairs resident classification characteristics for upstairs walking vibration noise in an apartment building under virtual reality environment. *Building and Environment*, 150, 21-32.
- Law, C. W., Lee, C. K., Lui, A. S. W., Yeung, M. K. L., & Lam, K. C. (2011). Advancement of three-dimensional noise mapping in Hong Kong. *Applied Acoustics*, 72(8), 534-543.
- Ruotolo, F., Maffei, L., Di Gabriele, M., Iachini, T., Masullo, M., Ruggiero, G., & Senese, V. P. (2013). Immersive virtual reality and environmental noise assessment: An innovative audio–visual approach. *Environmental Impact Assessment Review*, 41, 10-20.

Sahai, A., Wefers, F., Pick, S., Stumpf, E., Vorländer, M., & Kuhlen, T. (2016). Interactive simulation of aircraft noise in aural and visual virtual environments. *Applied acoustics*, 101, 24-38.}

Sanchez, G. M. E., Van Renterghem, T., Sun, K., De Coensel, B., & Botteldooren, D. (2017). Using Virtual Reality for assessing the role of noise in the audio-visual design of an urban public space. *Landscape and Urban Planning*, 167, 98-107.

