



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DEL PAISAJE SONORO EN LAS INMEDIACIONES DE UN
HELIPUERTO EN EL PARQUE URBANO BICENTENARIO EN BASE A
RECURSOS AUDIOVISUALES EN 360 GRADOS.

AUTORES

ISMAEL SEBASTIÁN CAIZAPASTO SÁNCHEZ
GABRIEL EDUARDO MARCILLO CALISPA

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DEL PAISAJE SONORO EN LAS INMEDIACIONES DE UN
HELIPUERTO EN EL PARQUE URBANO BICENTENARIO EN BASE A
RECURSOS AUDIOVISUALES EN 360 GRADOS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingenieros en Sonido y Acústica

Profesor Guía:

Ph.D. Virginia Puyana Romero

Autores:

Ismael Sebastián Caizapasto Sánchez

Gabriel Eduardo Marcillo Calispa

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Evaluación del paisaje sonoro en las inmediaciones de un helipuerto en el parque urbano bicentenario en base a recursos audiovisuales en 360 grados a través de reuniones periódicas con los estudiantes Ismael Sebastián Caizapasto Sánchez y Gabriel Eduardo Marcillo Calispa, 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”.



Virginia Puyana Romero

Dottorato di Ricerca in Rappresentazione, Tutela e Sicurezza dell' Ambiente e
delle Strutture e Governo del Territorio

C.I: 1758988354

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Evaluación del paisaje sonoro en las inmediaciones de un helipuerto en el parque urbano bicentenario en base a recursos audiovisuales en 360 grados, de los estudiantes Ismael Sebastián Caizapasto Sánchez y Gabriel Eduardo Marcillo Calispa, en el semestre 202020, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



Juan Francisco Jiménez Pacheco

Máster Universitario en Postproducción Digital

C.I: 1717340192

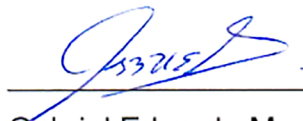
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra 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”.



Ismael Sebastián Caizapasto Sánchez

C.I: 1723795199



Gabriel Eduardo Marcillo Calispa

C.I: 1715705263

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres y familiares, por apoyarnos y darnos las fuerzas para cumplir nuestras metas. De igual manera a nuestros docentes que nos compartieron su conocimiento para lograr ser unos excelentes profesionales.

DEDICATORIA

A nuestros padres, que, gracias a sus consejos y palabras de aliento, nos ayudaron a crecer como personas de bien.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la percepción del paisaje sonoro, en las inmediaciones del helipuerto de la Policía Nacional ubicado en el Parque Bicentenario, mediante técnicas de realidad virtual. Para ello se realizaron grabaciones de audio y video en 360 grados, además se realizó mediciones de nivel de presión sonora en tres puntos representativos cerca de la zona del helipuerto, ubicado a tres distancias diferentes. En cada punto se realizaron dos grabaciones, donde una contaba con presencia de fuente de ruido predominante y una con ausencia de ruido predominante. Se diseñó una encuesta para obtener información del paisaje sonoro mediante un grupo experimental. Los participantes calificaron aspectos como: fuente de ruido, descriptores sonoros, entorno visual, ambiente acústico y la frecuencia con la que se visitaría el parque. Los resultados de las encuestas se analizaron mediante análisis estadísticos, buscando las diferencias entre las variables de los diferentes escenarios estudiados, usando pruebas no paramétricas como: análisis de Wilcoxon y análisis de Levene. También se realizaron análisis de los parámetros psico-acústicos y de las variables de los diferentes escenarios mediante correlación de Pearson. Por medio de este análisis se pudo determinar que los escenarios que contaban con la presencia de fuente de ruido predominante afectan a los visitantes del parque, en particular el escenario que se encuentra a una distancia más cercana a la fuente de ruido.

ABSTRACT

In the present work, the objective is to evaluate the perception of the soundscape in the environment of the National Police heliport located in the Bicentenario Park, using virtual reality techniques. For this purpose, audio and video recordings were made in 360 degrees, and sound pressure level measurements were taken at three representative points near the heliport area. Each point was recorded at three different distances in which two recordings were made, one with the presence of a predominant noise source and one with the absence of predominant noise. A survey was designed to obtain information on the soundscape by means of an experimental group. The participants qualified aspects such as: noise source, sound descriptors, visual environment, acoustic environment and the frequency with which the park would be visited. The results of the surveys were analyzed through statistical analyses looking for differences between variables in the different environments studied using non-parametric tests such as: Wilcoxon analysis and Levene analysis. Psycho-acoustics parameters and variables of the different environments were also analyzed using Pearson's correlation. Through this analysis it was possible to determine that the environments with the presence of a predominant noise source affect the visitors to the park, in particular the environment that is closer to the noise source.

ÍNDICE

1. Capítulo I. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Alcance	6
1.3. Justificación.....	6
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
2. Capítulo II. Marco Teórico	7
2.1. Realidad Virtual	7
2.1.1. Realidad Virtual en 360	7
2.2. Audio espacial	8
2.2.1. Binaural	8
2.2.2. Channel based.....	9
2.2.3. Object based.....	9
2.2.4. Ambisonic	9
2.3. Paisaje sonoro.....	10
2.3.1. Definición	10
2.3.2. Fuente sonora.....	10
2.3.3. Descriptores sonoros.....	11
2.3.4. Descriptores de paisajes sonoros.....	11
2.4. Zonas urbanas verdes.....	11
2.5. Parque Urbano Bicentenario	12

2.6. Evaluación del ruido	12
2.6.1. Definición.....	12
2.6.2. Descriptores de ruido.....	12
2.6.2.1. Leq	12
2.6.2.2. Niveles percentiles	14
2.7. Evaluación cualitativa	14
2.7.1. Aspectos psicológicos	14
2.7.2. Percepción de paisajes sonoros.....	15
2.7.3. Aspectos psico-acústicos	15
2.7.3.1. Loudness (Sonoridad).....	15
2.7.3.2. Roughness (Rugosidad)	15
2.7.3.3. Sharpness (Nitidez).....	16
2.7.3.4. Tonality (Tonalidad)	16
2.7.3.5. Fluctuation Strength (Fuerza de Fluctuación)	16
2.8. Análisis estadístico	16
2.8.1. Análisis descriptivo	16
2.8.1.1. Moda	17
2.8.1.2. Media	17
2.8.1.3. Mediana	18
2.8.1.4. Asimetría.....	18
2.8.1.5. Curtosis.....	18
2.8.2. Correlación de Pearson	19
2.8.3. Pruebas paramétricas.....	19
2.8.3.1. Normalidad.....	19
2.8.3.2. Análisis de Levene	20
2.8.4. Pruebas no paramétricas.....	20

2.8.5.	Análisis de Wilcoxon.....	20
2.8.6.	Análisis de Friedman	21
3.	Capítulo III. Metodología	21
3.1.	Logística.....	21
3.2.	Selección de puntos de medición y grabación del caso de estudio.....	22
3.3.	Helicóptero Airbus H125.....	23
3.4.	Selección de instrumentación.....	24
3.4.1.	Sonómetro CESVA SC-310.....	24
3.4.2.	Cámara Ricoh theta V	26
3.4.2.1.	Micrófono Ricoh TA-3D.....	26
3.4.3.	Sonómetro NTI XL2.....	27
3.4.4.	Dummy head Neumann KU100.....	28
3.4.5.	Auriculares Sennheiser HD 380 Pro.....	29
3.5.	Medición y grabación en puntos designados.....	30
3.6.	Softwares utilizados	31
3.6.1.	Reaper.....	31
3.6.2.	Vizard	31
3.6.3.	Software dBFA.....	32
3.6.4.	Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).....	32
3.6.5.	Adobe Premier Pro	32
3.7.	Calibración de las grabaciones.....	33
3.7.1.	Calibración dummy head.....	33
3.7.2.	Datos Sonómetro CESCO SC-310	33
3.8.	Edición de audio y video.....	34

3.8.1. Edición de video	34
3.8.2. Ecuación de audio.....	36
3.9. Realización de encuestas.....	36
3.10. Reproducción del paisaje Sonoro	40
3.11. Cuantificación de datos	41
4. Capitulo IV. Resultados	42
4.1. Descripción general.....	42
4.2. Resultados LAeq.....	43
4.3. Parámetros psico-acústicos	43
4.4. Correlación de Pearson de parámetros psico-acústicos.....	44
4.5. Análisis descriptivo	47
4.5.1. Análisis de medias.....	50
4.5.2. Análisis de medias, moda, simetría y curtosis	51
4.5.2.1. Gráficos Box Plots.....	51
4.6. Pruebas de normalidad	58
4.7. Homogeneidad de varianzas de Levene	62
4.8. Pruebas no paramétricas	66
4.8.1. Análisis de Wilcoxon.....	66
4.9. Análisis de Friedman.....	70
4.10. Análisis Wilcoxon de variables significativas de Friedman...	74
5. Capitulo V. Conclusiones y Recomendaciones	78
5.1. Conclusiones.....	78
5.2. Recomendaciones.....	81

REFERENCIAS 82

ANEXOS 86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de ponderación A, B y C.....	13
Figura 2. Niveles percentiles.	14
Figura 3. Distancia puntos de medición Parque Bicentenario Quito.....	23
Figura 4. Helicóptero Policial Airbus H125.	24
Figura 5. Sonómetro CESVA SC310.....	25
Figura 6. Calibrador CESVA CB006.....	25
Figura 7. Cámara 360 Ricoh Theta V.....	26
Figura 8. Micrófono Ricoh TA-1 3D.....	27
Figura 9. Sonómetro NTI XL2.....	28
Figura 10. Dummy Head Neumann KU100.....	29
Figura 11. Sennheiser HD 380 PRO.	30
Figura 12. Puntos de grabación Parque Bicentenario Quito.	30
Figura 13. Edición video Adobe Premier.	35
Figura 14. Edición audio Reaper.	36
Figura 15. Encuesta - datos personales.	37
Figura 16. Encuesta - tipo de fuente de ruido.....	38
Figura 17. Encuesta - descriptores sonoros.	39
Figura 18. Encuesta - valoración de entorno visual y ambiente acústico.	39
Figura 19. Encuesta - valoración de frecuencia con la que se visitaría el parque.	39
Figura 20. Reproducción video y encuestas en Vizard.	40
Figura 21. Realización de encuesta.	41
Figura 22. Dispersión de las variables de fuente de ruido con y sin fuente de ruido.	53
Figura 23. Dispersión de las variables de factores que describen el ambiente acústico con y sin fuente de ruido.	56
Figura 24. Dispersión de las variables de entorno visual y ambiente acústico con y sin fuente de ruido.	57
Figura 25. Dispersión de las variables parque con y sin fuente de ruido.	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de calibración.....	33
Tabla 2. Datos de LAeq en banda de octava.	33
Tabla 3. Datos de la diferencia de LAeq de la calibración y datos del sonómetro.	34
Tabla 4. Resultados LAeq.	43
Tabla 5. Parámetros psico-acústicos.	44
Tabla 6. Correlación de Pearson.....	45
Tabla 7. Análisis descriptivo sin fuente de ruido.....	47
Tabla 8. Análisis descriptivo con fuente de ruido.	49
Tabla 9. Pruebas de normalidad con fuente de ruido.....	59
Tabla 10. Pruebas de normalidad sin fuente de ruido.	61
Tabla 11. Homogeneidad de varianzas de las variables relacionadas con y sin fuente de ruido.	63
Tabla 12. Análisis Wilcoxon.....	66
Tabla 13. Análisis de Friedman.....	71
Tabla 14. Análisis de Wilcoxon de variables significativas de Friedman.	74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Nivel de presión sonora promediada en el tiempo con ponderación A.....	13
Ecuación 2. Moda.....	17
Ecuación 3. Media.....	17

1. Capítulo I. Introducción

1.1. Antecedentes

Las tecnologías de la información y las comunicaciones TIC como: teléfonos Inteligentes, computadoras y conexión a internet, han permitido que la ciudadanía forme parte de diferentes procesos de desarrollo para mejorar la calidad de vida, mediante nuevos canales novedosos de participación Web, realidad virtual dejando de lado los métodos tradicionales (encuestas impresas).

La evaluación subjetiva del sonido ambiente de las zonas urbanas ha sido ampliamente investigada en los laboratorios que utilizan diferentes métodos de simulación acústica. Además, la influencia de estímulos visuales, tales como fotos o videos del entorno de medición original, pueden también ser considerados en el estudio de la percepción del sonido. Una tecnología que se está utilizando en las últimas décadas es la realidad virtual. Las gafas de realidad virtual proporcionan cierto grado de inmersividad en función de la calidad de los escenarios audiovisuales reproducidos. Para proporcionar entornos de sonido realista, se utiliza un sistema de actualización dinámica de la dirección simulada de incidencias, que simula una variación en la dirección de incidencia del sonido causada por la rotación de la cabeza del sujeto. Para ello pueden utilizarse sonidos que generen sensación de espacialidad. En caso de que los ruidos procedan de escenarios existentes, se suele utilizar una base de sonido grabados con un micrófono direccional de seis canales. Dichos sonidos se reproducen simultáneamente a los escenarios visuales, consiguiendo sensación de espacialidad gracias a los datos angulares de la orientación de la cabeza, que se obtienen mediante un sensor giroscópico instalado en las gafas de realidad virtual (Asakura, et al., 2019).

Asakura, et al., (2019) desarrollaron y aplicaron un sistema de simulación audiovisual, que genera mayor sensación de inmersividad utilizando gafas de realidad virtual y auriculares en un ensayo de valoración subjetiva. En el ensayo

propuesto se utiliza un prototipo que realiza una simulación binaural, en la que se implementan funciones de transferencia relacionadas con la cabeza, como un sistema de reproducción de sonido, y el entorno visual se reproduce como un video panorámico que gira secuencial y sincrónicamente con la rotación de la cabeza del sujeto, mediante grabaciones de video 360 obtenidas de la cámara *Samsung Galaxi Gear 360*. Para validar el funcionamiento básico del sistema de simulación de sonido propuesto, realizaron una prueba subjetiva de la localización del sonido, y se confirmó que el rendimiento de la localización del sonido apropiado se puede lograr con el sistema cuando los sujetos libremente pueden girar sus cabezas. Con el sistema propuesto, realizaron un experimento de evaluación subjetiva dirigido a los entornos auditivos y visuales en las ciudades urbanas, y se evaluó el efecto del estímulo visual en la percepción del volumen y la molestia del sonido. Las puntuaciones de la evaluación de la sonoridad y la molestia de los sonidos, eran significativamente inferiores cuando los vídeos panorámicos de los lugares de medición originales fueron presentados a los sujetos. Esto sugiere que la evaluación subjetiva de los sonidos ambientales sin ninguna información visual relativa a los entornos da un sesgo a los resultados evaluados (Asakura, et al., 2019).

Puyana, et al., (2017) desarrollaron una herramienta interactiva que permite el uso de Realidad Virtual Inmersa (IVR), Realidad Virtual de Escritorio (DVR) y combinados con mapas multicapa. Dicha herramienta fue utilizada para la evaluación del ruido ambiental de las diferentes áreas de la ciudad de Nápoles, por medio de la participación ciudadana. La construcción de escenarios virtuales inmersivos se realizó con videos de 360 grados y sonido espacial. Los videos se grabaron con cámaras GoPro Hero 4, y se utilizó la técnica *Ambisonic* para registrar los estímulos sonoros. Este sistema de grabación y reproducción proporciona una buena sensación de inmersión en comparación con otras técnicas como la estereofónica y transaurales. Los niveles sonoros se midieron por medio de un sonómetro SOLO 01dB. Se creó un sitio web donde se permitía a los participantes escoger entre tres diferentes formas de experimentar los escenarios audiovisuales, debido a los tres sistemas de reproducción de

hardware y *software*, según el dispositivo que el usuario dispusiera. Los sistemas utilizados en esta investigación fueron: Oculus Rift *DK2* con auriculares o con configuración de altavoces 5.1, uso de un teléfono inteligente y auriculares y el último sistema es a través de una pantalla de computadora siendo una desventaja que el video se reproducirá solo en 2D. Para acceder a los escenarios de forma interactiva se integró un mapa web, el cual permite a los usuarios ingresar a los sitios para realizar la experiencia virtual y responder los cuestionarios (Puyana, et al., 2017).

Echevarria Sanchez, et al., (2017) proponen una metodología para comparar la apreciación de los espacios públicos urbanos, utilizando realidad virtual. Este método se aplicó en una caminata en un puente que cruza una carretera en Amberes, Bélgica. El puente fue escogido debido a su posición estratégica, cruzando una autopista que conecta un distrito densamente poblado en el centro de la ciudad con la única área verde cerca, el Parque Rivierenhof. Dicha autopista es la principal fuente de ruido al caminar sobre el puente. Se evaluaron cuatro diferentes escenarios visuales de barrera acústica de diferentes alturas: estilo tradicional, estilo moderno, estilo vegetal y rural con vegetación descuidada. Se encontró un efecto en la percepción de los 71 participantes, donde el diseño visual tiene un mayor impacto a comparación del entorno sonoro (Echevarria, et al.,2017). La visualización del área urbana se construyó mediante un *software 3D* o *Game Engine*, el cual se reprodujo mediante gafas de realidad virtual. Para la auralización se comenzó a grabar en el formato B (*ambisonic*), que permitió incluir la especialización auditiva. Se utilizó el método detallado de diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD), para predecir numéricamente el efecto de diferentes barreras de ruido (Ding, et al., 2011).

Diversos estudios han analizado los beneficios proporcionados por los espacios verdes urbanos en las ciudades, en relación a tres aspectos clave: social, económico y ambiental (Sander, 2015; Scopelliti, et al., 2016). Los espacios verdes urbanos juegan un papel importante desde una perspectiva social al promover la actividad física, permitir el descanso o la relajación y aumentar la

interacción social (Dadvand, et al., 2016). Por lo tanto, ayudan a facilitar estilos de vida activos, a la vez que reducen el estrés y el aislamiento social en entornos urbanos (Coombes, et al., 2010). Los espacios verdes urbanos también benefician económicamente a los residentes locales y las comunidades, y pueden llegar a convertirse en destino turístico, generando empleo e ingresos (Jim y Chen, 2006).

La contaminación acústica ocupa el segundo lugar entre una serie de estresores ambientales en términos de impactos en la salud pública. Sin embargo, algunos estudios muestran que los niveles de ruido en los espacios verdes urbanos, no son significativamente más bajos que los del entorno hogareño típico (Cohen, et al., 2014). Rey Gozalo, et al., (2018) evaluaron las características de los espacios verdes a través de las percepciones de los usuarios; en particular, analizaron la relación entre satisfacción general con las áreas verdes y la percepción que tienen de ella sus usuarios. Para ello, se evaluaron los indicadores centrales para un perfil de sostenibilidad local: disponibilidad de áreas verdes públicas locales y satisfacción de los ciudadanos con la comunidad local. Se realizó un estudio transversal a través de cuestionarios administrados durante el día a una muestra aleatoria de visitantes adultos de siete espacios verdes urbanos seleccionados. Los cuestionarios estaban bien distribuidos en términos de distrito, puntos de muestreo, tamaño del espacio verde y número de visitantes. La encuesta se realizó mediante entrevistas cara a cara por entrevistadores capacitados, donde analizaron tres situaciones: satisfacción, molestia por ruido y efectos del ruido. Los ítems fueron evaluados en una escala de cinco puntos que varía de 0 ("nada" o "nunca") a 4 ("Mucho" o "muy a menudo"). La campaña de medición se realizó de 10:00 a 21:00 h durante los siete días de la semana. Los niveles de sonido se midieron con el sonómetro *Brüel & Kjaer 2238* y un dispositivo de grabación binaural (*Noise Book de Head Acoustics*). Como resultado se obtuvo que las fuentes de sonido del tráfico por carretera y de los usuarios (gritos y niños) causan la mayor molestia. Las actividades de caminar y hablar, las emociones de miedo e irritabilidad, y la acción de interrumpir las conversaciones son las más afectadas por el ruido. El estudio de las relaciones entre las características

sociodemográficas y la percepción de las características de los entornos urbanos podría explicar un cierto porcentaje de su variabilidad. Con frecuencia las mujeres son las que llevan a los niños a los espacios verdes, causando mayor molestia en ellas debido a que se encuentran más cerca la fuente de sonido (Rey Gozalo, et al., 2018).

Debido al crecimiento urbano, el aeropuerto de Quito tuvo que ser trasladado, dejando libre el espacio de terreno utilizado por el mismo, que se adecuó como un parque para el beneficio de la sociedad. Este espacio pasó a denominarse Parque Bicentenario. En él se instalaron instituciones públicas como la Policía Nacional y Cuerpo de Bomberos entre otros. Estas instituciones cuentan con su propio helipuerto como herramienta de seguridad para la ciudadanía. Las operaciones de despegue y aterrizaje de los helicópteros pueden resultar molestas a los usuarios del parque, dejando éste de ser un espacio agradable de entretenimiento para los ciudadanos. Por las condiciones en este caso de que un helipuerto se encuentre dentro de un parque muy concurrente de Quito, se ha tomado en cuenta realizar un análisis del ruido que genera el helipuerto. Tomando como un punto de análisis la percepción de las personas. Como se puede observar en los antecedentes no existe evidencia de un estudio realizado en las inmediaciones de un helipuerto por lo que se decidió analizar dicho tema.

La presente tesis se ha realizado como parte de los trabajos pertenecientes al proyecto de investigación “Metodología basada en la utilización de escenarios audiovisuales 360 para la evaluación de intervenciones de acústica urbana mediante la participación ciudadana”, y aprobado en la VII Convocatoria de Proyectos de Investigación UDLA, con referencia SOA.VPR.20.03. Dicho proyecto está dirigido por Virginia Puyana Romero.

1.2. Alcance

El área de actuación de este proyecto se encuentra dentro del Distrito Metropolitano de Quito, concretamente en el Parque Bicentenario, ubicado en el norte de la ciudad de Quito. La metodología utilizada nos permite obtener la opinión ciudadana, en cuestiones de ruido ambiental. Dicha metodología, se ha llevado a cabo por fases: la primera es la grabación en 360 grados del entorno a ser estudiado en diferentes puntos, la segunda es la edición de video y audio para reproducirlos mediante realidad virtual, la tercera consiste en el diseño y la realización de las encuestas para obtener datos de los escenarios a estudiar y por último se realizará el análisis estadístico de estos datos.

1.3. Justificación

La presente investigación se enfocará a grabar audio, video 360 y niveles de ruido de un helipuerto ubicado en el parque Bicentenario en la ciudad de Quito con la finalidad de realizar una simulación en realidad virtual. Mediante la realización de encuestas, se estudiará la influencia del ruido ambiental del helipuerto en el parque.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la percepción del paisaje sonoro en las inmediaciones del helipuerto de la Policía Nacional ubicado en el Parque Bicentenario mediante técnicas de realidad virtual.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar puntos estratégicos cerca del helipuerto para obtener los niveles de presión sonora del ruido emitido.

- Diseñar y realizar una encuesta para evaluar los entornos sonoros y visuales de un paisaje sonoro por medio de realidad virtual.
- Analizar los parámetros psico-acústicos y los datos obtenidos de las encuestas mediante análisis estadísticos mediante el *software* SPSS.

2. Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Realidad Virtual

La realidad virtual (VR), se puede definir como una simulación realizada en computadora, que mediante gráficos recrea ambientes sensoriales tanto auditivos como visuales. Con el uso de VR el usuario puede introducirse dentro de este ambiente con equipos interactivos como gafas, audífonos, etc. Una característica de la realidad virtual es que mediante la computadora detecta la entrada de un usuario y este puede modificar e interactuar en tiempo real.

A través de la realidad virtual, se puede simular un ambiente explorable y manipulable en tiempo real que contenga imágenes y sonidos digitales para que el usuario, tenga la sensación de estar presente en el entorno virtual. (Burdea y Coiffet, 2003).

2.1.1. Realidad Virtual en 360

La realidad virtual en 360 se basa en una aplicación que interactúa con el usuario, donde se recrean ambientes por medio de videos 360. Un video 360 es una simulación audiovisual que permite tener un campo visual en todas las direcciones posibles. en la que se perciben cambios del audio al girar la cabeza, y que permiten que el usuario se introduzca en un escenario simulado como si fuera la vida real.

Para grabar un video en 360 es necesario una cámara especial, que conste de diversos lentes que toman fotos en un instante para ser observados en 360. La cámara de fotos puede estar preparada para grabar audio 360 permitiendo la posterior reproducción del vídeo con audio espacial (Mihelj y Podobnik, 2012).

2.2. Audio espacial

El audio espacial 3D, se genera mediante una técnica de sonido envolvente en forma de esfera o tridimensional, donde el sonido que se genera de diversos puntos imita lo que se escucha en la vida real. Existen diferentes formas de reproducir el audio espacial: altavoces (5.1,7.1...) o audífonos. Hay tres formas para recrear los audios espaciales: *ambisonics*, *channel based* y *object-based*. Cada uno de estos formatos lo que realiza básicamente es que cuenta con una codificación diferente para la posición del audio en el espacio. Las técnicas de grabación para obtener los audios espaciales pueden ser distintas, como por ejemplo grabación mediante micrófonos ambisónicos que poseen una capsula de cuatro canales para simular audio espacial y grabadoras portátiles que logran capturar el sonido en 360, o mediante una cabeza artificial que simula un sonido tridimensional (*dummy head*) (Rumsey, 2001).

2.2.1. Binaural

El audio binaural se produce por medio de dos canales que captan la ubicación espacial de un sonido, así como la diferencia en nivel, frecuencia y tiempo. La información que llega de un canal a otro es diferente, ya que simulan a los oídos del ser humano que se encuentran separados físicamente. Por esta razón, la diferencia en la posición de cada oído nos ayuda a identificar la localización de una fuente sonora. La creación de un audio binaural para realidad virtual permite escuchar por medio de audífonos o altavoces, dando una sensación sonora tridimensional en el espacio virtual. La manera adecuada de recrear un audio binaural es capturar directamente utilizando una *dummy head* o micrófonos diseñados para realizar dicha acción. Otra manera es utilizando micrófonos

omnidireccionales para ser transformados a audio espacial mediante las técnicas: *ambisonics*, *channel based* y *object-based*, con la ayuda de *plugins*. (Pulkki, 2018).

2.2.2. Channel based

Es el sistema basado en dos canales de audio tradicional que es reproducido normalmente (televisión, radio, etc.). Es necesario tener un número determinado de canales dependiendo del sistema que se desee realizar (mono, estéreo, audio envolvente). La mezcla de varios canales se debe realizar en un *DAW*, obteniendo una mezcla final, que será reproducida para un tipo de altavoz específico. Tener varios altavoces no significa que se amplía la información de audio, simplemente se multiplican los canales para colocarlos en los distintos altavoces (Pulkki, 2018).

2.2.3. Object based

El audio basado en objetos tiene una codificación para cada fuente de audio independiente (ganancia y posición). Permite de esta forma que el usuario que está inmerso en este mundo virtual, tenga una mejor sensación auditiva, ya que, el sonido va cambiando dependiendo la ubicación del mismo. El formato del audio llamado *bed* (cama), está compuesto por audios decodificados para que funcionen en tiempo real, de esta manera el usuario va interactuando en el mundo virtual. Dependiendo de la posición del usuario la información sonora va cambiando, permitiendo así que el usuario pueda moverse entre los objetos sonoros que perciba un cambio de los sonidos relista (Rumsey, 2001).

2.2.4. Ambisonic

El sistema de sonido envolvente *ambisonics*, es un formato de grabación y reproducción de audio espacial. Es una solución tecnológica que consta de dos partes, codificación de direcciones y amplitud del sonido. Este sistema fue

diseñado para que los usuarios logren distinguir los sonidos en un ambiente tridimensional. *Ambisonics* cuenta con un eje central que funciona como un punto de perspectiva, permitiendo al usuario ubicar diferentes sonidos en el espacio de trabajo (Rumsey, 2001).

2.3. Paisaje sonoro

2.3.1. Definición

El término “paisaje sonoro” se dio a conocer en la década de 1970 a través del trabajo del compositor canadiense RM Schafer en la Universidad Simon Fraser en Vancouver. Schafer (1977) y sus colegas definieron el "paisaje sonoro" como un entorno sonoro con énfasis en la forma en que es percibido y entendido por el individuo o por una sociedad (Truax, 1978).

El concepto de paisaje sonoro tiene como objetivo analizar la percepción del ser humano del entorno acústico. En los procesos de análisis del entorno acústico (evaluación objetiva), se utilizan descriptores acústicos monoaurales convencionales como: LAeq, Lmax, L90, entre otros, y así como psico-acústicos cómo: sonoridad, aspereza nitidez, etc. (Hermida y Pavón, 2019).

Deavis, et al., (2013) descubrieron tres tipos de conceptos en los cuales la gente relaciona los sonidos y paisajes sonoro: fuentes sonoras, descriptores de sonido y descriptores de paisajes sonoros.

2.3.2. Fuente sonora

Las fuentes sonoras son entidades físicas que emiten sonidos y pueden ser objetos múltiples complejos, como por ejemplo el tráfico o simplemente componentes, como los frenos de autos (Davies, et al., 2013). Dichas fuentes sonoras pueden influenciar la percepción que los sujetos tengan de los paisajes sonoros.

2.3.3. Descriptores sonoros

Los descriptores sonoros pueden ser sustantivos, adjetivos o frases dadas por los encargados de la evaluación del paisaje sonoro. El uso de los descriptores sonoros refleja la situación y el contexto del paisaje sonoro, y ayudan a la evaluación acústica, evaluación psicofisiológica y evaluación del contexto.

2.3.4. Descriptores de paisajes sonoros

Los descriptores de paisaje sonoro son medidas de cómo las personas perciben el entorno acústico. Los indicadores de paisaje sonoro pueden ser utilizados para predecir el valor de un descriptor de paisaje sonoro. Este tema se investiga cada vez más debido a la necesidad urgente de herramientas operativas, como los modelos predictivos, destinados a implementar el enfoque del paisaje sonoro en la planificación y el diseño urbano (Van Kempen, et al., 2014)

Para Davies, et al., (2013) los descriptores de paisaje sonoro se pueden agrupar en cuatro categorías: cacofonía, hubbub, constante y temporal. La categoría cacofonía se refiere a un paisaje sonoro con una mezcla negativa de sonidos; por lo tanto, se relaciona a una experiencia auditiva negativa, asociado a sonidos molestos. La categoría hubbub se refiere a un paisaje sonoro en la cual se relaciona una experiencia auditiva positiva para las personas. La categoría constante se refiere a un paisaje sonoro monótono donde un sonido en particular enmascara a los demás. La categoría temporal se refiere a cambios dinámicos en el paisaje sonoro, en el orden de segundos a minutos, como el sonido de las olas en el mar.

2.4. Zonas urbanas verdes

Los espacios verdes urbanos juegan un papel importante desde una perspectiva social al promover la actividad física, permitir el descanso o la relajación y aumentar la interacción social (Peters, et al., 2010). Por lo tanto, ayudan a

facilitar estilos de vida activos y emociones de restauración, al tiempo que reducen el estrés y el aislamiento social en entornos urbanos. Los valores estéticos y recreativos de los espacios verdes urbanos aumentan el atractivo de una ciudad y la promueven como destino turístico, generando empleo e ingresos (Jim y Chen, 2006).

2.5. Parque Urbano Bicentenario

El Parque Bicentenario es un espacio verde de carácter público de la ciudad de Quito, que contiene los lotes de terreno que conformaban el área en la que se encontraba el antiguo Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre. Está, ubicado en la Avenida del Maestro en la parte norte, Amazonas al occidente y Real Audiencia al oriente. Fue inaugurado en el año 2013 con un área de 324,72 hectáreas y con uso de suelo de equipamientos de servicios sociales y públicos.

2.6. Evaluación del ruido

2.6.1. Definición

La molestia por ruido es un concepto clave con respecto al impacto ambiental del sonido en la comunidad. También es reconocida como un concepto multifacético que cubre los efectos conductuales inmediatos y los aspectos evaluativos relacionados con el ruido (Guski, et al., 1999).

2.6.2. Descriptores de ruido

2.6.2.1. Leq

El nivel de sonido equivalente es uno de los mejores parámetros para evaluar el nivel del ruido de una determinada fuente en un periodo de tiempo. Existen tres tipos de ponderación: A, B, C. La más utilizada es la ponderación A, que ayuda

a conocer la evaluación de molestia subjetiva, debido a que se asemeja a cómo escucha el oído humano.

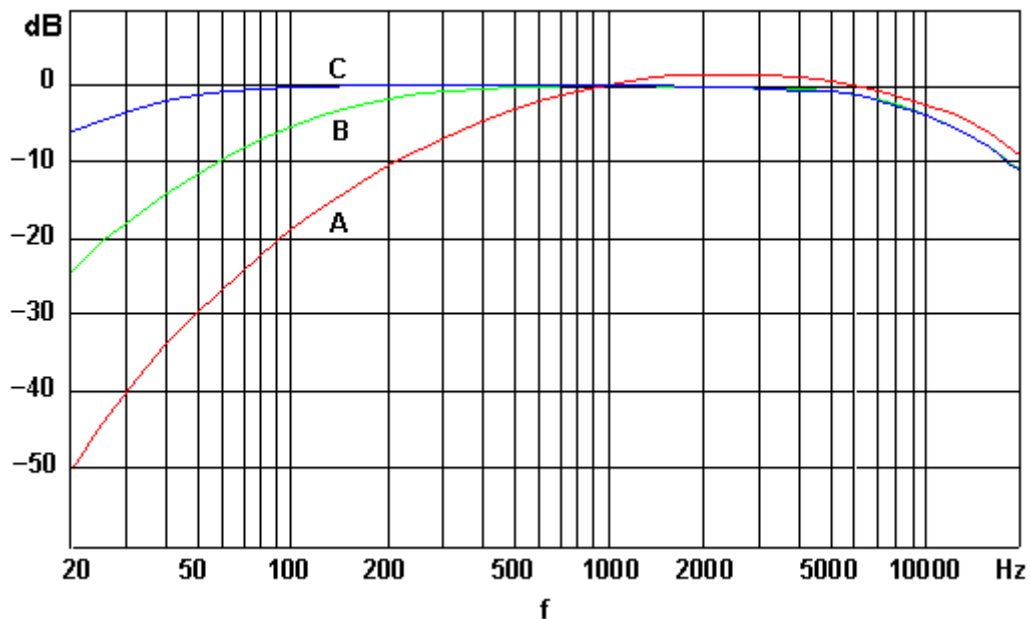


Figura 1. Curva de ponderación A, B y C.

Tomado de (Mireya F., s.f.).

L_{Aeq} es el valor cuadrático medio de presión sonora ponderado A en un periodo de tiempo.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_{ref}^2} \cdot dt \right] (dBA)$$

Ecuación 1. Nivel de presión sonora promediada en el tiempo con ponderación A.

Tomado de (UNE-EN ISO 9612, 2009).

Donde:

T : Tiempo de medición.

P : Nivel de presión instantánea.

P_{ref} : Nivel de presión de referencia (20uPa)

2.6.2.2. Niveles percentiles

Los niveles percentiles dentro de la acústica se definen como índices de valoración de ruido. Son niveles de presión sonora que sobrepasan el n% del tiempo de observación. El percentil L10 indica los niveles que superan el 10% del tiempo de observación, indicando los picos de la señal. El percentil L50 indica los niveles que superan el 50% del tiempo de observación. El percentil L90 indica los niveles que superan el 90%, y es un nivel representativo del ruido de fondo de la medición.

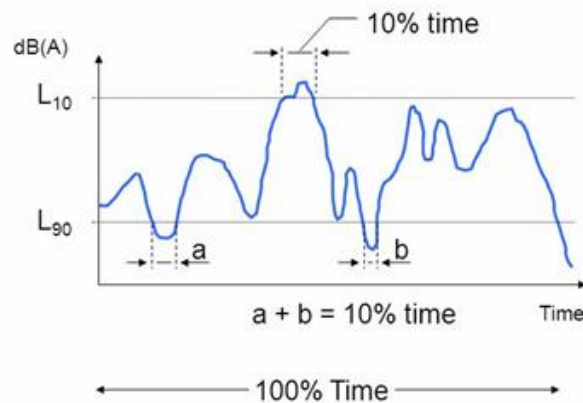


Figura 2. Niveles percentiles.

Tomado de (Méndez J., s.f.)

2.7. Evaluación cualitativa

2.7.1. Aspectos psicológicos

Es importante para un estudio relacionar el lenguaje con valores numéricos. Las diferencias entre los sonidos naturales y urbanos que influyen en la percepción de distintos aspectos de los paisajes sonoros cómo: acústicos, psicológicos, fisiológicos y sociales, se pueden cuantificar mediante encuestas (Yang y Kang, 2013).

2.7.2. Percepción de paisajes sonoros

Los paisajes sonoros generalmente contienen muchos sonidos que ocurren simultáneamente o por separado en el tiempo. Estos sonidos pueden ser positivos (sonidos naturales) o negativos (tráfico). A pesar de esta complejidad, el paisaje sonoro puede evaluarse mediante la percepción del conjunto de sensaciones momentáneas u ocurridas en el pasado que tiene un individuo (Axelsson, et al., 2010).

2.7.3. Aspectos psico-acústicos

La psico-acústica estudia la correlación cuantitativa entre estímulos acústicos y sensaciones auditivas. Para analizar los sonidos se utilizan parámetros como: sonoridad, nitidez, rugosidad, fuerza de fluctuación y tonalidad, se utilizan para analizar los sonidos (Yang y Kang, 2013).

2.7.3.1. Loudness (Sonoridad)

Parámetro mediante el cual se puede obtener el valor del volumen de un sonido, desde el más débil hasta el más fuerte. Describe la energía transmitida por la onda sonora. Depende de la intensidad del sonido y de la frecuencia. Su unidad de medida es el sonio (40dB a una frecuencia de 1kHz) (Segura, et al., 2012).

2.7.3.2. Roughness (Rugosidad)

La rugosidad se produce siempre que existe un involucramiento variable temporalmente en una banda crítica, cuantificando el grado de molestia provocado por causa de modulaciones rápidas. Su unidad es el asper, definido como la rugosidad producida por un tono de 1000 Hz a 60dB, modulado a 70 Hz, con un índice de modulación del 100% (Segura, et al., 2012).

2.7.3.3. Sharpness (Nitidez)

Es una medida del valor de la sensación causada por el contenido sonoro de alta frecuencia. A mayor proporción de altas frecuencias, más agudo y cortante es el sonido. Su unidad es el acum (del latín acum = agudo) (Segura, et al., 2012).

2.7.3.4. Tonality (Tonalidad)

“La tonalidad de un sonido indica si el sonido contiene componentes tonales o ruido de banda ancha. La contribución de tonos a la tonalidad depende de su frecuencia. La unidad de tonalidad, tu (tonality unit), que se define para un tono sinusoidal de 1 kHz con un nivel de 60 dB” (Segura, et al., 2012).

2.7.3.5. Fluctuation Strength (Fuerza de Fluctuación)

Se da por las variaciones de la señal causada por modulaciones de frecuencias bajas. siendo 4 Hz la máxima frecuencia de modulación. Tiene como unidad el vacil, definido por un tono sinusoidal de 1000 Hz con una frecuencia de modulación de 4hz (Segura, et al., 2012).

2.8. Análisis estadístico

El análisis estadístico se encarga de recolectar, organizar, resumir grandes cantidades de datos para descubrir patrones, tendencias y finalmente sacar conclusiones o tomar decisiones.

2.8.1. Análisis descriptivo

El análisis descriptivo se encarga de resumir toda la información recolectada de una muestra para de esta manera arrojar precisión, aclarar y ordenar los datos, extrayendo las características más representativas para comprender un problema o un fenómeno de la muestra.

2.8.1.1. Moda

La moda es el valor que se repite con mayor frecuencia absoluta de un conjunto de datos cualitativos o cuantitativos, puede haber más de una moda o ninguna.

$$Mo = L_i + \frac{f_i - f_{i-1}}{(f_i - f_{i-1}) + (f_i - f_{i+1})} \cdot c$$

Ecuación 2. Moda

Tomado de (Zulay Y, 2018)

Donde:

L_i : límite inferior del intervalo modal

f_i : frecuencia absoluta del intervalo modal

f_{i-1} : frecuencia absoluta del intervalo anterior modal

f_{i+1} : frecuencia absoluta del intervalo siguiente modal

c : amplitud del intervalo modal

2.8.1.2. Media

La media, también conocida como el promedio o equidad, es el valor que corresponde al dividir la suma de una distribución de datos dividido por el número total de datos.

$$Media(x) = \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N}$$

Ecuación 3. Media.

Tomado de (Zulay Y, 2018)

2.8.1.3. Mediana

La mediana es el valor que se encuentra a la mitad de los demás valores cuando estos están ordenados de menor a mayor. Si la cantidad de números es par la mediana es el promedio de los dos números centrales, mientras que si la cantidad de números es impar la mediana es el valor central.

2.8.1.4. Asimetría

La asimetría indica la simetría de la dispersión de datos de una variable tomando como eje referencial a la moda. Existen tres tipos de asimetría:

- **Asimetría negativa:** indica que la distribución de los datos se encuentra a la parte izquierda, debido a la existencia de más valores inferiores, por lo tanto, la media es menor a la mediana y la moda.
- **Simétrica:** indica que la distribución de los datos es similar, existe la misma cantidad de datos en el lado izquierdo y en el lado derecho, por lo tanto, la media es igual a la mediana y la moda.
- **Asimetría positiva:** indica que la distribución de los datos se encuentra a la parte derecha, debido a la existencia de más valores altos, por lo tanto, la media es mayor a la mediana y la moda.

2.8.1.5. Curtosis

La curtosis es un parámetro que indica el grado de concentración de los valores alrededor de la media. Existe tres tipos de curtosis:

- **Leptocúrtica:** los datos están muy concentrados alrededor de la media (Curtosis > 0).
- **Platicúrtica:** existe muy poca concentración de datos alrededor de la media (Curtosis < 0).

- **Mesocúrtica:** indica una concentración moderada de datos alrededor de la media (Curtosis = 0)

2.8.2. Correlación de Pearson

La correlación de Pearson se utiliza para estudiar la relación entre dos variables cuantitativas, el coeficiente de correlación de Pearson comprende entre valores de +1 y -1. Si el coeficiente es mayor a 0 ($r > 0$) significa que las variables se correlacionan directamente, por lo cual, si el valor de una variable es alto, el valor de la otra variable también es alta. Si el coeficiente es menor a 0 ($r < 0$) significa que las variables se relacionan inversamente, por lo cual, si el valor de una variable es alto, el valor de la otra variable será baja. Si el coeficiente es igual a 0 ($r = 0$), significa que no existe relación entre las variables.

2.8.3. Pruebas paramétricas

Las pruebas paramétricas son aquellas que se encargan de analizar datos, cuantificando la asociación o independencia entre una variable cuantitativa y una categórica. Para aplicar pruebas paramétricas se debe comprobar si la distribución de la variable cuantitativa es normal, además, se debe comprobar la homogeneidad de las varianzas entre las variables a analizar y, por último, la muestra debe ser grande para que el cálculo sea más exacto.

2.8.3.1. Normalidad

Las pruebas de normalidad nos sirven para verificar si los datos estudiados cumplen con una distribución normal, el conjunto de datos tiene que seguir una distribución en forma de campana, las desviaciones estándares sucesivas con relación a la media forman valores referenciales.

2.8.3.2. Análisis de Levene

El análisis de Levene es una prueba estadística inferencial, que nos permite evaluar la igualdad de las variaciones de dos o más grupos, las muestras estudiadas provienen de una distribución no normal. La prueba de Levene se utiliza para verificar la suposición de variables iguales, antes de elaborar una prueba como ANOVA unidireccional.

2.8.4. Pruebas no paramétricas

El análisis no paramétrico estudia las pruebas y los modelos estadísticos, donde su distribución no se ajusta a los criterios paramétricos. Este método es aplicado cuando los datos obtenidos no conservan una distribución normal o conocida, en este análisis los datos tienen ciertas condiciones generales donde no interesa la población y el número de datos obtenidos.

2.8.5. Análisis de Wilcoxon

El análisis de Wilcoxon es una prueba no paramétrica, que nos permite realizar comparaciones de poblaciones cuando estas no cumplen con una distribución normal o no cumplen los medios necesarios para realizar distintos test paramétricos. Su principal función es la comparación de medianas (no con medias); en particular se compara si existe discrepancia entre pares de datos que siguen una distribución simétrica con relación a la media.

Wilcoxon debe cumplir ciertas condiciones para realizar esta prueba. Primero, los datos obtenidos tienen que ser ordinales y dependientes. Como este análisis no es paramétrico, los datos no necesitan tener una distribución normal.

2.8.6. Análisis de Friedman

El análisis de Friedman es una prueba no paramétrica. Se utiliza para comparar las diferencias de tres o más grupos, donde la variable dependiente es ordinal. De igual manera se puede utilizar para comparar datos continuos que han infringido los supuestos para poder ejecutar el ANOVA unidireccional con medidas repetidas. La prueba de Friedman es una estadística perfecta para usarse en un experimento de medidas repetidas donde se puede determinar si un factor en particular presenta diferencias estadísticamente significativas entre los grupos comparados.

3. Capítulo III. Metodología

En esta investigación se ha utilizado una metodología mixta en la que se han aplicado encuestas para valorar la percepción del ruido generado por el helipuerto. Mediante realidad virtual se recrearon escenarios para que el usuario interactúe con el entorno de estudio. Con el uso de videos y audios 360 se realizaron encuestas, que conseguían que los participantes experimentaran la inmersión a través de dos modalidades sensoriales principales, la acústica y la visual. Dichas modalidades proporcionan la percepción de estar físicamente presente en el lugar de estudio, lo que permite elaborar un análisis numérico y descriptivo, en este caso la recolección de la opinión de los participantes.

3.1. Logística

Para realizar las grabaciones de audio, video y niveles de presión sonora del helipuerto de la Policía Nacional ubicado en el Parque Bicentenario de la ciudad de Quito, se contactó con la persona encargada del helipuerto mediante una solicitud escrita. En dicha solicitud, se informó sobre las características de la investigación y que el estudio que no generará ningún beneficio económico.

3.2. Selección de puntos de medición y grabación del caso de estudio

La instalación del helipuerto se encuentra cerrada en su totalidad mediante vallas, cumpliendo las distancias requeridas de seguridad. Se seleccionaron tres puntos a diferente distancia, para realizar mediciones de nivel de presión sonora en los puntos designados, debido a que con anterioridad se realizó el cálculo de nivel de presión sonora por medio de la diferencia de niveles según la distancia en campo libre, obteniendo como resultado en el punto 1 un nivel de 94,6 dB, en el punto 2 un nivel 101,6 dB y en punto 3 un nivel de 94,2 dB. Para esto se utilizó una distancia lateral como referencia, expresada por el manual de Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), y de igual manera se utilizó el nivel de presión sonora de 84,2 dB (medidos a 450 m) proporcionada por la certificación de ruido EASA (EASA, 2015), según las normas de ruido aplicables el anexo 16, volumen 1 de la OACI. Por lo tanto, los puntos seleccionados para esta investigación se basaron en los altos niveles calculados, ya que al estar cerca de la fuente de ruido las personas se exponen a altos niveles de presión sonora provocando efectos perjudiciales para la salud.

En el punto 1 el helicóptero se encontraba en proceso de encendido a 139,60 m de distancia. En el punto 2 y punto 3 el helicóptero se encontraba totalmente encendido por varios minutos y se encontraban colocados a una distancia de 60,36 m y 141,51 m respectivamente.



Figura 3. Distancia puntos de medición Parque Bicentenario Quito.

Tomada de (Google Earth, 2020)

3.3. Helicóptero Airbus H125

El helipuerto Aeropolicial cuenta con el helicóptero Airbus H125. El helicóptero Airbus H125 (AS350 B3e) se fabrica en Francia desde 1992. El helicóptero cuenta con un solo motor (monomotor). Por su rendimiento, versatilidad y facilidad de utilización, el H125 es utilizado por las fuerzas policiales en unos 30 países de todo el mundo. Tiene una capacidad de 6 personas, su potencia es de 847 HP.



Figura 4. Helicóptero Policial Airbus H125.

3.4. Selección de instrumentación

3.4.1. Sonómetro CESVA SC-310

El sonómetro CESVA SC-310 es un sonómetro tipo 1. Posee un micrófono omnidireccional, que se usa también como analizador de espectro en tiempo real por bandas de octava o tercios de octava. De igual manera mide todos los parámetros simultáneamente con las ponderaciones frecuenciales A, C y Z. Entre estos parámetros se encuentra los índices básicos de evaluación acústica como: niveles continuos equivalentes, percentiles, índices de impulsividad, niveles de exposición sonora, entre otros.

Para la calibración del sonómetro CESVA SC310 se utilizó el calibrador CESVA CB006, que emite un sonido a la frecuencia de 1 kHz a 94 dB. Para las grabaciones que se llevaron a cabo en el helipuerto del Parque Bicentenario se realizó una calibración 30 minutos antes de la grabación.



Figura 5. Sonómetro CESVA SC310

Tomado de (CESVA INSTRUMENTS SLU, 2020)



Figura 6. Calibrador CESVA CB006.

Tomado de (CESVA INSTRUMENTS SLU, 2020)

3.4.2. Cámara Ricoh theta V

La cámara Ricoh Theta V graba imágenes fijas y videos en 360. De igual manera representa un mundo de realidad virtual más realista gracia a la grabación de video en formato 4k (3840x1920, 56Mbps) y de audio espacial en 360.



Figura 7. Cámara 360 Ricoh Theta V.

Tomado de (Theta 360, 2020)

3.4.2.1. Micrófono Ricoh TA-3D

El micrófono Ricoh TA-1 es un micrófono externo elaborado por Audio-Technica exclusivamente para la cámara Ricoh Theta V, el cual está equipada con un micrófono de 4 canales para grabar sonidos independientes de 4 direcciones distintas, captando gran cantidad de información en todo el rango de agudos y graves.



Figura 8. Micrófono Ricoh TA-1 3D

Tomado de (Ricoh,2020)

3.4.3. Sonómetro NTI XL2

El sonómetro NTI XL2 es un analizador de audio de precisión y un medidor de vibración integral en un solo instrumento. Además, es un poderoso medidor de nivel de sonido para eventos y monitoreo de ruido ambiental. Numerosas variaciones de medición están disponibles.

- SPL real, Lmin, Lmax, Lpeak, Leq, deslizamiento Leq.
- Ponderación de frecuencia: A, C, Z (= plano) simultáneamente.
- Inteligibilidad del habla (STI).
- Valores de corrección k1, k2.
- Niveles calculados: LCeq - LAeq, LA1eq - LAeq, LAFT5eq - LAeq (opcional).



Figura 9. Sonómetro NTI XL2.

Tomado de (NTI Audio,2020)

3.4.4. Dummy head Neumann KU100

La *dummy head Neumann KU100* es un micrófono estéreo binaural. Posee dos micrófonos de condensador omnidireccionales en las orejas artificiales que se encuentra en la cabeza humana artificial. Maneja altos niveles de presión sonora hasta 145 dB. Se utiliza con frecuencia para grabaciones y producciones clásicas de música, radio y también para documentar la influencia del ruido en aplicaciones industriales en diversos lugares de trabajo en condiciones realistas como dispositivo de medición, por ejemplo, en la investigación acústica. El KU 100 puede funcionar con la típica alimentación fantasma de 48 V, con una fuente de alimentación externa o con batería.

Especificaciones:

- **Principio de funcionamiento acústico:** Transductor de presión.
- **Respuesta de frecuencia:** 20 Hz - 20 kHz.
- **Sensibilidad a 1 kHz a 1 kohm:** 20 mV/Pa.
- **Impedancia nominal:** 50 ohms balanceados, 200 ohms desbalanceados.
- **Impedancia de carga nominal:** 1000 ohms.

- **Nivel de ruido equivalente, ponderado A1:** 16 dB-A.
- **Relación señal/ruido, CCIR1 (rel. 94 dB SPL):** 65 dB.
- **Relación señal/ruido, con ponderación A1 (rel. 94 dB SPL):** 78 dB.
- **SPL máximo para THD 0.5%²:** 135 dB.
- **SPL máximo para THD 0,5% con preatenuación²:** 145 dB.



Figura 10. Dummy Head Neumann KU100

Tomado de (Neumann, 2020)

3.4.5. Auriculares Sennheiser HD 380 Pro

Los auriculares Sennheiser HD 380 Pro poseen un diseño circumaural cerrado que proporciona atenuación pasiva del ruido ambiental. Proporcionando una respuesta de frecuencia amplia, con un nivel de presión sonora hasta 110 dB.

Especificaciones:

- **Principio de transducción:** Dinámico, cerrado
- **Acoplamiento al oído:** circumaural
- **Respuesta de frecuencia:** 8 – 27000 Hz
- **Impedancia nominal:** 54 Ω
- **Atenuación pasiva del ruido:** Hasta 32 dB.

- **Frecuencia de resonancia:** 90 Hz
- **Máx. capacidad de potencia:** 500mW



Figura 11. Sennheiser HD 380 PRO.

Tomado de (Sennheiser, 2020)

3.5. Medición y grabación en puntos designados



Figura 12. Puntos de grabación Parque Bicentenario Quito.

Tomado (Google Earth, 2020)

Las mediciones fueron realizadas el día miércoles 19 de febrero de 2020, aproximadamente alrededor del mediodía. Debido a que el encargado del helipuerto de la Policía Nacional autorizó el encendido del helicóptero para realizar las mediciones correspondientes durante 15 minutos. Por este motivo se grabaron primero los escenarios con la fuente de ruido encendida y posteriormente con la fuente apagada.

En los puntos designado se utilizó un sonómetro para medir el nivel de presión sonora (NPS) (con y sin el helicóptero funcionando). El sonómetro se ubicó a una altura de 1,20 m del suelo. Estas grabaciones sirvieron para analizar la variación de nivel de presión sonora que existe en lugar. Mediante la cámara Ricoh Theta V se logró grabar video y audio 360 simultáneamente con el sonómetro en los tres puntos designados. La cámara se colocó a una altura de 1,50 m del suelo para simular la altura promedio de una persona. La duración de cada grabación fue aproximadamente de 3 minutos.

3.6. Softwares utilizados

3.6.1. Reaper

Reaper es un *software* de audio que permite realizar grabación, edición, procesamiento y mezcla de audio y MIDI multipista. Reaper es compatible con varios formatos de audio digital y su procesamiento de audio interno es 64 bits flotantes, Reaper nos permite importar y renderizar en varios formatos de audio.

3.6.2. Vizard

Vizard es un *software* de desarrollo de realidad virtual que sirve para flujos de trabajo de modelos 3D, cuya codificación se la realiza en *Python*. La conectividad universal de *hardware* VR con Vizard permite el uso de una gama de auriculares VR, sistemas de proyección, pantallas 3D, rastreadores de movimiento, rastreadores oculares, Oculus Rift y auriculares con micrófono MR de Windows.

3.6.3. Software dBFA

dBFA 01dB-Metravib permite realizar el procesamiento de las señales de ruido y vibración, brinda funciones estándar y avanzadas para el procesamiento y fuera de línea.

3.6.4. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

SPSS es un *software* utilizado para análisis estadístico. Es usado en diversos campos para ejecución de análisis. Es una herramienta muy versátil, donde se pueden realizar hojas de cálculos, gestionar y consultar bases de datos o formular hipótesis de manera rápida y ejecutar procedimientos para aclarar las relaciones entre variables.

3.6.5. Adobe Premier Pro

Es un *software* de edición de video desarrollado por Adobe *Systems* y lanzado en el 2003. Posee una interfaz intuitiva y personalizable para mejorar el entorno de edición. Añade gran funcionalidad y soporte amplio a varios formatos de audio y video, por lo cual se pueden editar secuencias en cualquier formato, desde videos convencionales hasta videos de realidad virtual. Posee una gran cantidad de efectos para mejorar la calidad del producto ya sean efectos de videos. Permite trabajar en tiempo real de forma simultánea con otros programas, entre ellos Photoshop, After Effects y Adobe Audition.

3.7. Calibración de las grabaciones

3.7.1. Calibración dummy head

Para la calibración se colocaron los auriculares a la *dummy head* y se reguló el nivel de presión sonora ponderado A de los audios originales para que arrojen valores similares de niveles de presión sonora obtenidos con el sonómetro.

Tabla 1.

Datos de calibración.

Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
L _{Aeq} (dBA)	19,5	39	45,2	47,2	43,4	45,1	44,9	42,5	30,8	11,8

3.7.2. Datos Sonómetro CESCO SC-310

Una vez realizada la medición con el sonómetro en cada punto se obtuvieron datos de niveles de presión sonora en tercios de octava. Dichos datos se transformaron a octavas, y se corrigieron según la ponderación A, para poder comparar las mediciones con los datos obtenidos de la calibración anteriormente mencionada.

Tabla 2.

Datos de L_{Aeq} en banda de octava.

Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Leq (dB)	58,9	65,2	61,3	55,8	46,6	45,1	43,7	41,5	31,9	18,4
A (dB)	39,4	26,2	16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,6
L _{Aeq} (dBA)	19,5	39	45,2	47,2	43,4	45,1	44,9	42,5	30,8	11,8

Ya obtenidos los valores de niveles de presión sonora con ponderado A del sonómetro y de la calibración, se realizó una diferencia de niveles para lograr

que los valores de LAeq (dBA) de la *dummy head* sea lo más cercano al LAeq (dBA) mediante una ecualización en banda de octava. Esto permitiría que los encuestados tengan una percepción auditiva del paisaje sonoro lo más próxima a la realidad posible.

Tabla 3.

Datos de la diferencia de LAeq de la calibración y datos del sonómetro.

Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Leq (dB)	58,9	65,2	61,3	55,8	46,6	45,1	43,7	41,5	31,9	18,4
Ponderación A (dB)	-39,4	-26,2	16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,6
LAeq (dBA)	19,5	39	45,2	47,2	43,4	45,1	44,9	42,5	30,8	11,8
LAeq (dBA) Dummy Head	-1,2	22,2	42	42,3	38,2	41,5	47	45,7	45,1	43,2
Diferencia niveles (dBA)	20,7	16,8	3,2	4,9	5,2	3,6	-2,1	-3,2	14,3	31,4

La tabla 3, es un ejemplo de cómo se obtuvo la diferencia de niveles en (dBA) entre los datos de la calibración y del sonómetro del punto 1, este cálculo de diferencias se realiza para cada punto de grabación. Además, se observa el resultado de la diferencia de niveles (dBA), donde se logró obtener un valor similar mediante ecualización por bandas de octava.

3.8. Edición de audio y video

3.8.1. Edición de video

La cámara Ricoh Theta V graba los archivos en un formato .mp4, que no contiene los 4 canales necesarios para un audio en 360. Para la obtención de la información de estos audios es necesario utilizar la aplicación Ricoh Theta Movie

Covert que se la puede descargar de la página del fabricante. Dicha aplicación, genera un archivo .mov con las 4 señales en un solo canal de audio.

Para la edición de video se utilizó el *software* Premier Pro V13.1, donde en primer lugar se debe configurar el espacio de trabajo para que reconozca audio y video en 360 grados. Una vez configurado, se debe importar el video y audio asegurándose que las 4 señales de audio se encuentren en un solo canal. Una vez realizados los pasos anteriores se procedió a corregir las imperfecciones audiovisuales ya que se encontraba una persona manipulando cada instrumento de grabación en cada punto. Se realizó una grabación corta en la cual se obtenía un video, donde ya no se captaba a ninguna persona cerca de la instrumentación de grabación. Esto se elaboró para colocar este video corto en el video original, y obtener una mejor visualización de video y también para que las personas que ven el paisaje sonoro no se distraigan.

Este proceso se elaboró para todos los videos de los diferentes puntos antes mencionados, de igual manera la duración de video y audio en un instante era de tres minutos, pero al momento de editar se tomó solo la información necesaria, logrando obtener archivos de 1:40 de duración.

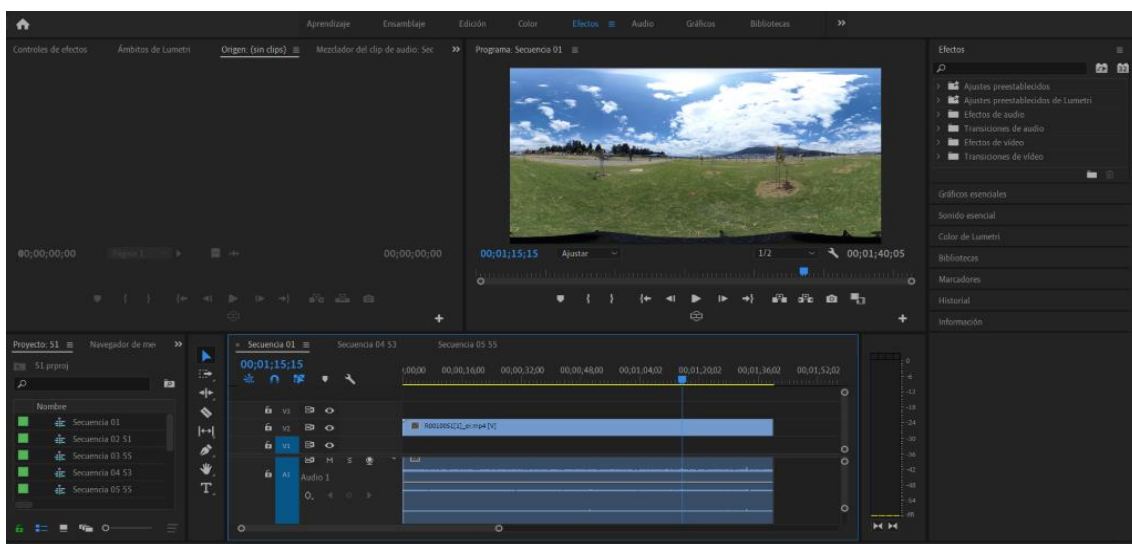


Figura 13. Edición video Adobe Premier.

3.8.2. Ecuación de audio

Con los datos obtenidos de la diferencia de niveles se procede a la ecualización de los audios. Para este procedimiento se utilizó el *software* de edición de audio Reaper V5. Se importó el audio 360 para realizar la ecualización con el *plugin* API 560 de Waves, que nos permite ecualizar en bandas de octava.

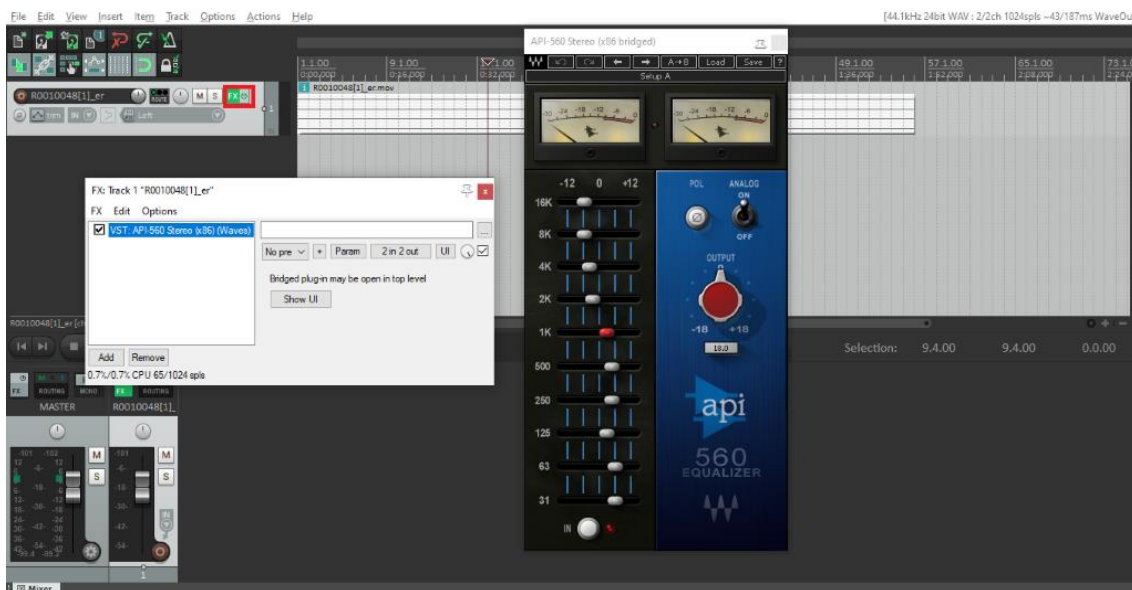


Figura 14. Edición audio Reaper.

3.9. Realización de encuestas

Para la elaboración de la encuesta se tomó como referencia la Normativa ISO 12913-2. Dicha norma trata sobre la recolección de datos y establece los requisitos de información en relación con estudios, investigaciones y aplicaciones de paisajes sonoros. Se utilizó una encuesta con escalas que iban de 0 a 100, o de -100 a 100 . Dichas escalas permiten que puedan realizarse una mayor variedad de análisis estadísticos. De esta forma se recolectó información relevante acerca de la percepción del entorno visual y sonoro del paisaje sonoro.

La encuesta diseñada se utilizó para la evaluación de dos diferentes tipos de paisajes sonoros. En el primer paisaje sonoro no existe una fuente sonora

predominante, mientras que en el segundo sí (helicóptero). Esto se utilizará para los tres puntos antes mencionados dando como resultado una total de seis paisajes sonoros. Para analizar los datos de estos paisajes sonoros se necesita un mínimo de 20 encuestas, como recomienda la normativa ISO 12913-2.

La primera parte de la encuesta sirve para la adquisición de datos relevantes del encuestado, permitiendo conocer el género, edad e información sobre problemas de salud debidos al ruido. Estos datos sirven para definir las características de la muestra.

1.- Género

Femenino Masculino

2.- Rango de Edad

10 –15 16-25 26-35 36-45 46-55 56 en adelante

3.- ¿Ha sentido algunos de los siguientes síntomas mencionados asociados al ruido?

Estrés	<input type="checkbox"/>	Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/>
Desconcentración	<input type="checkbox"/>	Pérdida de audición	<input type="checkbox"/>
Irritabilidad	<input type="checkbox"/>	Perturbación en el sueño	<input type="checkbox"/>

4.- ¿Ha tenido problemas relacionados con la audición?

Sí No

Figura 15. Encuesta - datos personales.

La segunda parte de la encuesta servía para obtener información sobre distintos aspectos del paisaje sonoro como las fuentes sonoras, o los descriptores de paisajes sonoros. Las fuentes sonoras se subdividen en diferentes categorías: ruido de tráfico (autos, trenes, aeronaves, etc.), ruido de motor (maquinaria de construcción, generadores eléctricos, etc.), sonido producido por seres humanos (risas, conversaciones, etc.), sonidos naturales (viento, lluvia, etc.) y sonido de animales (ladridos, canto de aves, etc.).

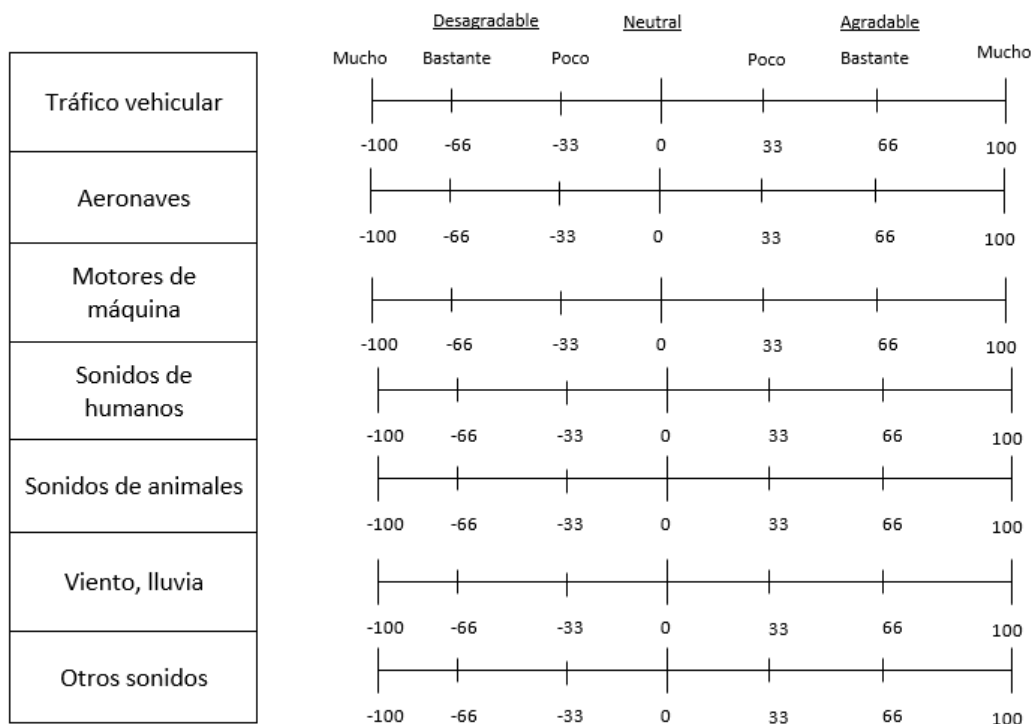


Figura 16. Encuesta - tipo de fuente de ruido.

Como se muestra en la figura 16, la valoración de esta pregunta va de -100 a 100, siendo -100 muy desagradable y 100 muy agradable.

Para el análisis de la percepción del paisaje sonoro se utilizaron los descriptores sonoros agradable, caótico, vibrante y con pocos sonidos, que ayudan a valorar las preferencias sonoras. Para valorar la variación de los acontecimientos del paisaje sonoro se utilizan los descriptores: tranquilo, monótono, irritante, y con muchos sonidos. La valoración de esta pregunta va en una escala desde 0 (nada de acuerdo) hasta 100 (totalmente de acuerdo).

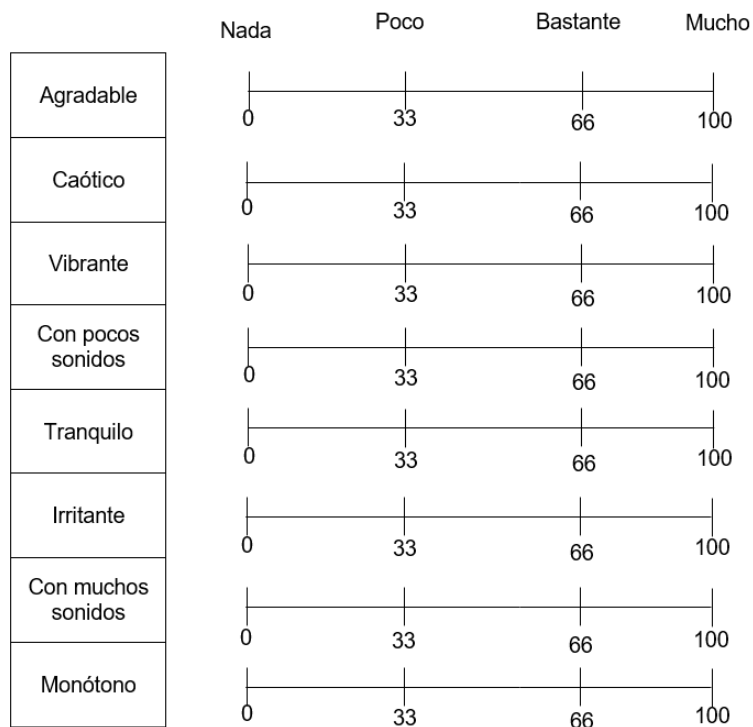


Figura 17. Encuesta – descriptores sonoros.

La encuesta también evaluaba la calidad del entorno visual y entorno acústico, ya que puede afectar de manera significativa a la percepción de un paisaje sonoro, con una valoración desde -100 (muy mala) hasta 100 (muy buena).



Figura 18. Encuesta - valoración de entorno visual y ambiente acústico.

Por último, se toma en cuenta la frecuencia en que las personas visitarían el parque, según las condiciones presentadas en el video de realidad virtual con una valoración de 0 (nunca) hasta 100 (con mucha frecuencia).



Figura 19. Encuesta - valoración de frecuencia con la que se visitaría el parque.

3.10. Reproducción del paisaje sonoro

Una vez ingresado audio, video y las preguntas de las encuestas en Vizard (según scripts existentes, pertenecientes al proyecto de investigación en el que se engloba la presente tesis), se procedió a la recolección de datos mediante realidad virtual. Para ello se utilizaron las gafas Oculus Rift y los auriculares Sennheiser HD 380 Pro. Debido a la crisis sanitaria que se vive a nivel mundial, este procedimiento se realizó en los domicilios de los encuestados para resguardar la salud de los mismos y de los encuestadores tomando todas las medidas de precaución disponibles. Los participantes fueron debidamente informados de que los datos obtenidos sólo serían utilizados con fines de investigación, y que en ningún momento se procedería a su distribución a terceros sin su consentimiento previo.

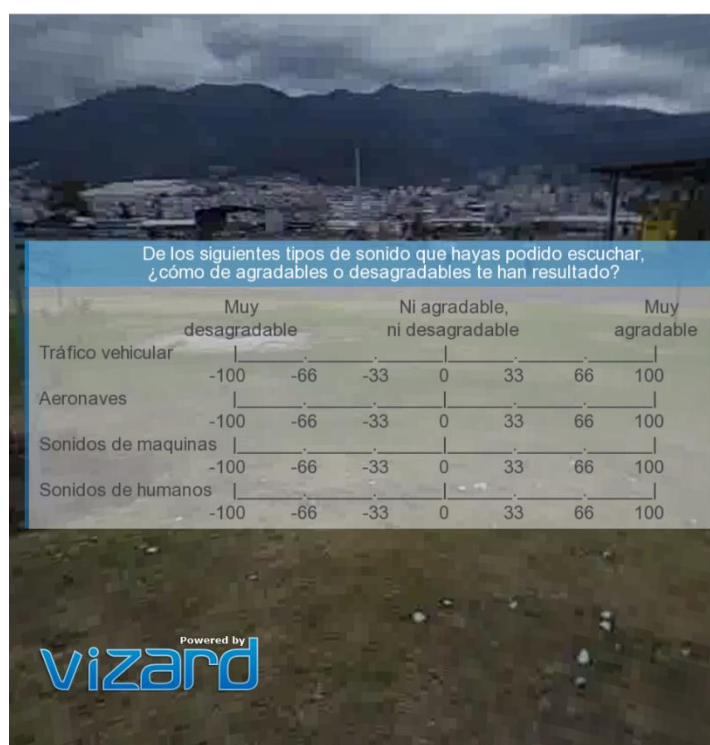


Figura 20. Reproducción video y encuestas en Vizard.

Para una mejor recolección de datos, el encuestador puede insertar las preguntas a lo largo de la reproducción del video. Se elaboró de esta manera para que las respuestas estuvieran directamente relacionadas con el paisaje

sonoro que están observando. Si se realizara la encuesta después de la reproducción del video, las respuestas podrían variar debido a que los encuestados pueden olvidar diferentes elementos del paisaje sonoro. La reproducción de los diferentes escenarios se irá intercalando, un escenario sin fuente de ruido y un escenario con fuente de ruido de los tres diferentes puntos.



Figura 21. Realización de encuesta.

3.11. Cuantificación de datos

Una vez obtenidos los datos de las encuestas de los tres paisajes sonoros se procedió a reunir toda la información de las 26 encuestas realizadas, obteniendo un total de 108 variables sin tomar en cuenta el género, edad, síntomas asociados al ruido y problemas relacionados con la audición, agrupándolos en un solo documento de Microsoft Excel para un posterior análisis. Se utilizó el *software* de estadística SPSS para realizar los siguientes tipos de análisis: análisis descriptivo, correlación de Pearson, normalidad, homogeneidad, Wilcoxon y Friedman.

Para ingresar los datos al *software* estadístico SPSS se nombraron las variables necesarias de acuerdo a cada ítem de las preguntas de la encuesta realizada. Además, se dividió cada encuesta por diferentes escenarios; los escenarios 1, 2 y 3 se refieren al primer, segundo y tercer punto de grabación con fuente de ruido, mientras que los escenarios 4, 5 y 6 se refieren al primer, segundo y tercer punto de grabación sin fuente de ruido. Por ejemplo, P5_Heli_Escen1_Trafico, se refiere a la pregunta 5, con fuente de ruido (helicóptero), escenario 1 y al ítem tráfico vehicular; P5_Escen4_Trafico se refiere a la pregunta 5, sin fuente de ruido, escenario 4 y al ítem de tráfico vehicular. Las siguientes preguntas varían entre el número de pregunta, escenario con presencia o ausencia de fuente de ruido y los ítems de la encuesta (aeronaves, motores de máquinas, sonidos de humanos, sonido de animales, viento, otros sonidos, agradable, caótico, vibrante, con pocos sonidos, tranquilo, irritante, con muchos sonidos, monótono, entorno visual, ambiente acústico y con la frecuencia que se visitaría el parque).

4. Capítulo IV. Resultados

4.1. Descripción general

En este capítulo se analizarán y se interpretarán los datos obtenidos por las encuestas. Se realizaron diversas comparaciones entre los escenarios, aunque la mayor parte de ellas son comparaciones entre pares de escenarios. En ellas, el primer escenario contaba con una fuente de ruido predominante (helicóptero) y el segundo escenario carecía de dicha fuente para poder observar la variación de la percepción de las personas. De igual manera se realizó una comparación entre tres escenarios con fuente de ruido predominante y tres escenarios sin fuente en ellas. Además, se realizaron correlaciones de Pearson de los parámetros psico-acústicos con respecto a las variables, para observar se existe una relación entre los parámetros psico-acústicos y los distintos escenarios. Con los resultados de las encuestas se podrá analizar qué tipo de paisaje sonoro les

pareció más agradable o si la fuente de ruido afecta el modo en que se percibe el Parque Bicentenario.

4.2. Resultados LAeq

Tabla 4.

Resultados LAeq.

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
LAeq (dBA)	52,5	80,5	61	43,1	39	46,6

En la tabla 4, se observan los niveles de presión sonora (NPS) ponderado A medidos con el sonómetro CESVA SC100 de los escenarios estudiados. Los escenarios 1, 2 y 3 cuentan con una fuente de ruido (helicóptero), y tienen valores de LAeq superiores a 50 dBA. El escenario 2 cuenta con el valor más alto (80,5 dBA), debido a que la medición se realizó a una corta distancia de la fuente de ruido. Los escenarios 4, 5 y 6 no cuentan con una fuente de ruido predominante.

4.3. Parámetros psico-acústicos

Una vez obtenidos los audios para elaborar las encuestas mediante realidad virtual se calcularon los parámetros psico-acústicos de cada audio mediante el *software* dBFA.

Tabla 5.

Parámetros psico-acústicos.

Parámetros	Punto 1 Fuente de ruido	Punto 1 Sin fuente de ruido	Punto 2 Fuente de ruido	Punto 2 Sin fuente de ruido	Punto 3 Fuente de ruido	Punto 3 Sin fuente de ruido
	Escenario 1	Escenario 6	Escenario 2	Escenario 5	Escenario 3	Escenario 4
Loudness (sone)	18,46	8,28	48.89	3.9	29.04	7,26
Sharpnes (acum)	1,36	1,33	1.6	1.45	1.34	1,35
Fluctuation Strength (vacil)	0,02	0,11	0.86	0	1.06	0,08
Tonality (tu)	0	0	0.06	0	0	0
Roughness (asper)	10,31	10,70	10.53	10.47	11.05	10,63

4.4. Correlación de Pearson de parámetros psico-acústicos

Se realizó la correlación de Pearson entre las variables y los parámetros psico-acústicos, para conocer si existe relación estadísticamente significativa entre las mismas. Para ello se toma en cuenta el valor de significancia (sig.), la hipótesis nula e hipótesis alterna. Se acepta la hipótesis nula si el valor de significancia (p-valor) es mayor a 0,05 y se rechaza siendo menor a 0,05 (aceptando la hipótesis alternativa). De igual manera se toma en cuenta el valor de correlación de Pearson, donde si $r < 0$ las variables se relacionan inversamente, y si $r > 0$, lo hacen de forma directamente proporcional. Por otro lado, si $|r| < 0,10$ la correlación es depreciable, $0,10 \leq |r| \leq 0,29$ es una relación pequeña, $0,30 \leq |r| \leq 0,49$ es relación media y $|r| > 0,5$ es una relación grande (Restrepo B. y González L., 2007).

Hipótesis nula: no existe relación entre las dos variables.

Hipótesis alterna: existe relación entre las dos variables.

Tabla 6.

Correlación de Pearson.

		<i>Loudness</i>	<i>Sharpness</i>	<i>Fluctuation Strength</i>	<i>Tonality</i>	<i>Roughness</i>
Tráfico	Correlación Pearson	,027	-,110	,189	-,057	,167
	Sig.	,735	,171	,018	,481	,037
Aeronaves	Correlación Pearson	-,167	-,307	,062	-,279	,114
	Sig.	,037	,000*	,443	,000*	,155
Motores de máquina	Correlación Pearson	-,034	-,170	,149	-,128	,117
	Sig.	,670	,034	,063	,111	,145
Sonido de humanos	Correlación Pearson	-,075	-,124	,031	-,090	,045
	Sig.	,350	,123	,701	,262	,581
Sonido de animales	Correlación Pearson	-,028	-,150	,175	-,124	,207
	Sig.	,724	,062	,029	,123	,009
Viento	Correlación Pearson	,114	-,083	,248	,005	,176
	Sig.	,156	,303	,002*	,952	,028
Otros sonidos	Correlación Pearson	-,116	-,237	,072	-,211	,140
	Sig.	,148	,003*	,374	,008	,082
Agradable	Correlación Pearson	-,218	-,447	,098	-,368	,218
	Sig.	,006	,000*	,223	,000*	,006
Caótico	Correlación Pearson	,066	,316	-,164	,205	-,140
	Sig.	,410	,000*	,041	,010	,082
Vibrante	Correlación Pearson	,070	,289	-,100	,185	-,099
	Sig.	,382	,000*	,213	,021	,217
Pocos sonidos	Correlación Pearson	-,053	-,196	,114	-,143	,100
	Sig.	,513	,014	,158	,075	,214

Tranquilo	Correlación Pearson	-,154	-,392	,159	-,317	,222
	Sig.	,056	,000*	,047	,000*	,005
Irritante	Correlación Pearson	,116	,332	-,102	,233	-,102
	Sig.	,150	,000*	,207	,003*	,206
Muchos sonidos	Correlación Pearson	,061	,330	-,246	,221	-,299
	Sig.	,449	,000*	,002*	,006	,000*
Monótono	Correlación Pearson	,054	,099	-,028	,082	-,084
	Sig.	,503	,221	,726	,310	,297
Ambiente acústico	Correlación Pearson	-,127	-,355	,135	-,273	,144
	Sig.	,114	,000*	,092	,001*	,073
Entorno visual	Correlación Pearson	-,036	-,191	,108	-,123	,039
	Sig.	,654	,017	,180	,126	,633
Parque	Correlación Pearson	-,362	-,356	-,075	-,428	,427
	Sig.	,000*	,000*	,354	,000*	,000*

*. El valor de significancia es menor a 0,05.

En la tabla 6, se puede observar la correlación de Pearson entre las diferentes variables y los parámetros psico-acústicos. La variable aeronaves cuenta con un valor de significancia menor 0,05 en los parámetros psico-acústicos de *sharpness* y *tonality*, rechazando la hipótesis nula, mientras que el valor de correlación de Pearson es negativo, es decir, las variables tienen una relación inversa, indicando que si el valor del parámetro psico-acústico es grande es menos agradable. Por el contrario, en *loudness*, *fluctuation strength* y *roughness* poseen un valor de significancia mayor a 0,05 aceptando la hipótesis nula, indicando que no existe una relación entre la variable aeronave y los parámetros mencionados. Por lo cual, no es de relevancia el valor de correlación de Pearson.

Como se observa en la tabla 6, existe correlación entre los pares de variables como: otros sonidos-*sharpness*, agradable-*sharpness*, caótico-*sharpness*, vibrante-*sharpness*, tranquilo-*sharpness*, irritante-*sharpness*, muchos sonidos-

sharpness, ambiente acústico-*sharpness* y parque-*sharpness*. De manera que, se puede decir que el parámetro psico-acústico *sharpness* guarda una elevada correlación con los descriptores sonoros.

4.5. Análisis descriptivo

Una vez ingresado los datos de las variables procedentes de las encuestas al *software* SPSS se realizó un análisis descriptivo para sintetizar la información. La mitad de las variables corresponden a los datos sin la fuente con ruido predominante y la otra mitad con la fuente de ruido predominante.

Tabla 7.

Análisis descriptivo sin fuente de ruido.

	Media	Mediana	Moda	Asimetría	Curtosis
P5_Escen4_Tráfico	18,73	0,00	0	,197	-,756
P5_Escen5_Tráfico	36,38	0,00	0	,379	-1,600
P5_Escen6_Tráfico	18,31	0,00	0	1,360	1,248
P6_Escen4_Aeronaves	23,04	0,00	0	,109	-,634
P6_Escen5_Aeronaves	29,88	0,00	0	-,205	-,655
P6_Escen6_Aeronaves	6,46	0,00	0	-,945	2,825
P7_Escen4_M_Máquinas	17,65	0,00	0	,074	,112
P7_Escen5_M_Máquinas	28,46	0,00	0	,009	-,330
P7_Escen6_M_Máquinas	4,88	0,00	0	1,338	3,131
P8_Escen4_S_Humanos	28,42	33,00	0	-,063	-,887
P8_Escen5_S_Humanos	28,04	0,00	0	,579	-1,073
P8_Escen6_S_Humanos	36,92	33,00	33	-,070	-1,035
P9_Escen4_S_Animales	35,62	45,00	66	-,954	,668
P9_Escen5_S_Animales	49,73	58,00	0	-,041	-1,602
P9_Escen6_S_Animales	25,92	20,00	0	,143	,806
P10_Escen4_Viento	25,58	0,00	0	,656	-,218
P10_Escen5_Viento	52,85	66,00	100	-,337	-1,434
P10_Escen6_Viento	32,04	33,00	0	,490	-,876
P11_Escen4_Otros_Sonidos	20,65	15,00	0	-,571	2,032
P11_Escen5_Otros_Sonidos	31,85	33,00	0	,437	-,727
P11_Escen6_Otros_Sonidos	14,96	17,50	33	-,140	,369
P12_Escen4_Agradable	71,12	68,00	100	-,353	-,901

P12_Escen5_Agradable	86,81	100,00	100	-1,351	1,132
P12_Escen6_Agradable	78,88	80,00	100	-1,374	3,010
P13_Escen4_Caótico	25,65	25,00	0	,955	,349
P13_Escen5_Caótico	8,42	0,00	0	2,409	4,802
P13_Escen6_Caótico	15,27	0,00	0	1,916	3,278
P14_Escen4_Vibrante	33,58	33,00	0	,522	-,452
P14_Escen5_Vibrante	18,88	0,00	0	1,388	,813
P14_Escen6_Vibrante	19,27	5,00	0	,996	-,123
P15_Escen4_Pocos_sonidos	53,00	58,00	66	-,120	-1,085
P15_Escen5_Pocos_sonidos	61,00	68,00	33	-,301	-1,316
P15_Escen6_Pocos_sonidos	52,15	50,00	33	,049	-,598
P16_Escen4_Tranquilo	69,12	85,00	100	-,620	-1,055
P16_Escen5_Tranquilo	86,96	100,00	100	-1,699	1,679
P16_Escen6_Tranquilo	68,04	68,00	100	-,743	-,062
P17_Escen4_Irritante	25,23	15,00	0	1,207	,634
P17_Escen5_Irritante	12,88	0,00	0	1,908	2,553
P17_Escen6_Irritante	12,73	0,00	0	1,886	3,920
P18_Escen4_Muchos_Sonidos	40,77	33,00	0	,220	-,762
P18_Escen5_Muchos_Sonidos	14,04	0,00	0	,961	-,263
P18_Escen6_Muchos_Sonidos	29,38	33,00	0	,678	-,173
P19_Escen4_Monótono	49,50	50,00	66	-,194	-,663
P19_Escen5_Monótono	45,15	36,50	33	,578	-,270
P19_Escen6_Monótono	45,651	36,50	33	,363	-,439
P20_Escen4_Ambiente_Acústico	60,92	73,00	100	-,679	-,955
P20_Escen5_Ambiente_Acústico	85,27	95,00	100	-1,192	,931
P20_Escen6_Ambiente_Acústico	62,27	66,00	100	-1,062	,657
P21_Escen4_Entorno_Visual	64,96	80,00	100	-2,137	5,825
P21_Escen5_Entorno_Visual	73,88	80,00	100	-1,502	2,186
P21_Escen6_Entorno_Visual	65,54	80,00	100	-2,018	4,855
P22_Escen4_Parque	67,58	66,00	100	-,645	-,530
P22_Escen5_Parque	81,92	95,00	100	-1,140	,125
P22_Escen6_Parque	70,96	68,00	100	-,380	-1,084

Tabla 8.

Análisis descriptivo con fuente de ruido.

	Media	Mediana	Moda	Asimetría	Curtosis
P5_Heli_Escen1_Tráfico	-5,77	0,00	0	,193	-,044
P5_Heli_Escen2_Tráfico	-17,35	0,00	0	-,064	,027
P5_Heli_Escen3_Tráfico	3,00	0,00	0	,599	,626
P6_Heli_Escen1_Aeronaves	-23,81	-33,00	-100	,415	-1,027
P6_Heli_Escen2_Aeronaves	-70,92	-100,00	-100	2,183	3,606
P6_Heli_Escen3_Aeronaves	-56,46	-68,00	-100	1,556	1,762
P7_Heli_Escen1_M_Máquinas	-20,54	0,00	0	-,101	-1,008
P7_Heli_Escen2_M_Máquinas	-53,50	-85,00	-100	1,200	,241
P7_Heli_Escen3_M_Máquinas	-24,27	-20,00	0	,338	,364
P8_Heli_Escen1_S_Humanos	8,08	0,00	0	-,460	,057
P8_Heli_Escen2_S_Humanos	-6,12	0,00	0	-,186	2,191
P8_Heli_Escen3_S_Humanos	8,23	0,00	0	1,184	2,474
P9_Heli_Escen1_S_Animales	5,38	0,00	0	1,369	4,110
P9_Heli_Escen2_S_Animales	-,46	0,00	0	,181	2,556
P9_Heli_Escen3_S_Animales	9,23	0,00	0	1,477	3,069
P10_Heli_Escen1_Viento	15,23	10,00	-33	,205	-,696
P10_Heli_Escen2_Viento	1,69	0,00	0	,096	3,353
P10_Heli_Escen3_Viento	26,04	0,00	0	,776	-,977
P11_Heli_Escen1_Otros_Sonidos	-5,85	0,00	-33	,001	-,924
P11_Heli_Escen2_Otros_Sonidos	-24,65	-26,50	0	,108	-,012
P11_Heli_Escen3_Otros_Sonidos	-21,35	-16,50	0	,247	-,433
P12_Heli_Escen1_Agradable	42,54	36,50	33	,381	-,107
P12_Heli_Escen2_Agradable	14,38	0,00	0	1,296	,180
P12_Heli_Escen3_Agradable	22,12	20,00	0	1,393	1,664
P13_Heli_Escen1_Caótico	43,62	50,00	66	-,096	-,767
P13_Heli_Escen2_Caótico	79,08	100,00	100	-1,541	1,569
P13_Heli_Escen3_Caótico	54,65	63,00	66	-,235	-,630
P14_Heli_Escen1_Vibrante	39,92	33,00	0	,262	-,510
P14_Heli_Escen2_Vibrante	67,04	66,00	100	-,739	-,160
P14_Heli_Escen3_Vibrante	52,23	50,00	33	,064	-,629
P15_Heli_Escen1_Pocos_sonidos	35,58	33,00	0	,751	-,678
P15_Heli_Escen2_Pocos_sonidos	14,35	0,00	0	2,275	3,830
P15_Heli_Escen3_Pocos_sonidos	29,54	31,50	0	,945	,355
P16_Heli_Escen1_Tranquilo	35,42	33,00	0	,809	-,544
P16_Heli_Escen2_Tranquilo	2,81	0,00	0	3,146	8,980
P16_Heli_Escen3_Tranquilo	18,15	5,00	0	1,382	2,004

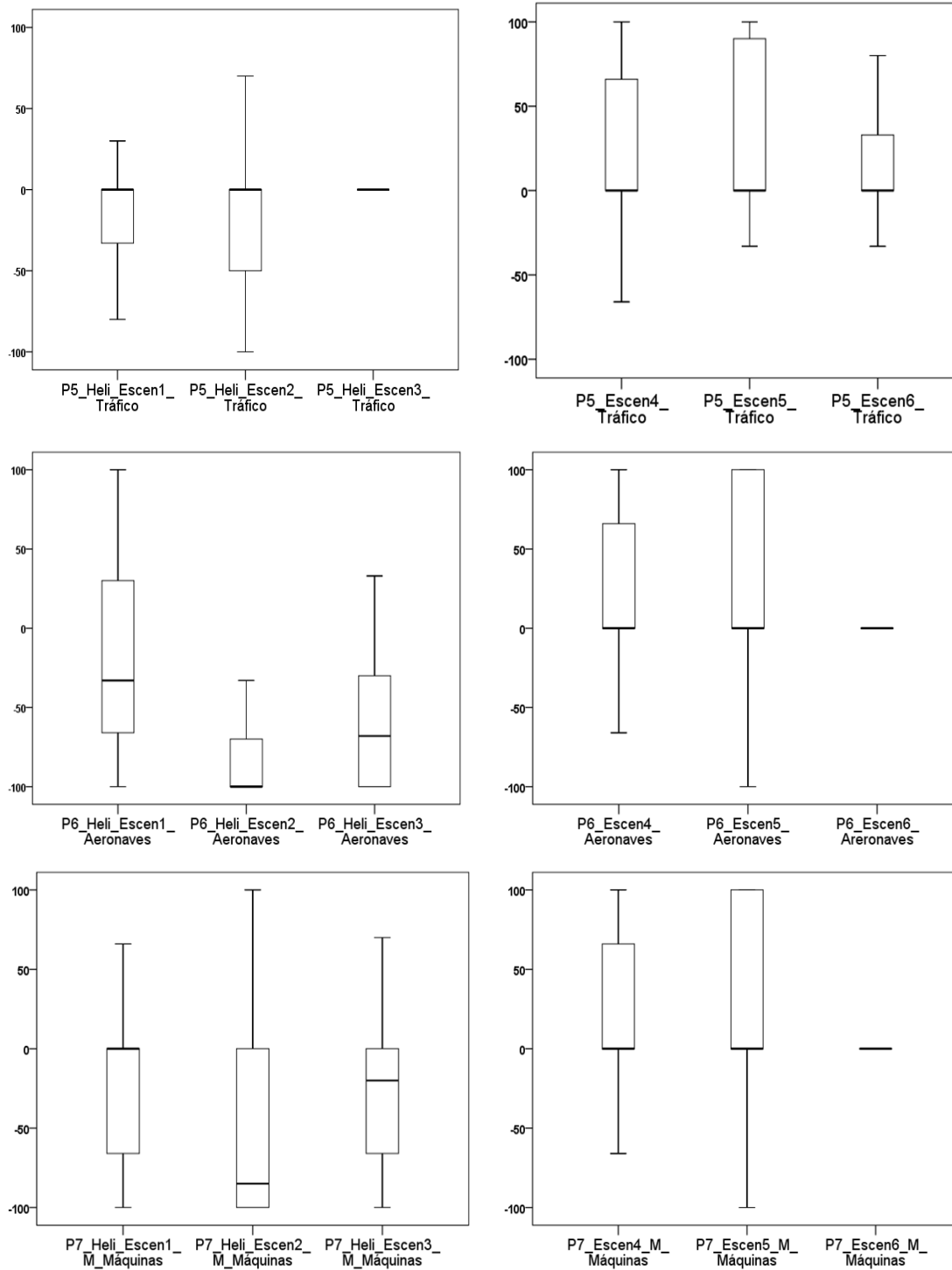
P17_Heli_Escen1_Irritante	43,62	36,50	33	,335	-,463
P17_Heli_Escen2_Irritante	80,77	100,00	100	-1,605	1,216
P17_Heli_Escen3_Irritante	58,81	66,00	100	-,143	-1,087
P18_Heli_Escen1_Muchos_Sonidos	68,12	66,00	66	-,226	-1,237
P18_Heli_Escen2_Muchos_Sonidos	86,69	100,00	100	-1,432	,790
P18_Heli_Escen3_Muchos_Sonidos	69,35	70,00	100	-,706	-,339
P19_Heli_Escen1_Monótono	56,19	58,00	66	-,019	-,339
P19_Heli_Escen2_Monótono	56,38	66,00	100	-,309	-1,170
P19_Heli_Escen3_Monótono	57,23	66,00	66	-,368	-,620
P20_Heli_Escen1_Ambiente_Acústico	12,00	33,00	33	-,476	-,874
P20_Heli_Escen2_Ambiente_Acústico	-59,08	-90,00	-100	1,828	2,379
P20_Heli_Escen3_Ambiente_Acústico	-20,42	-36,50	-100	,571	-,981
P21_Heli_Escen1_Entorno_Visual	40,19	33,00	100	-,563	-,029
P21_Heli_Escen2_Entorno_Visual	-11,31	-33,00	-33	,564	-1,034
P21_Heli_Escen3_Entorno_Visual	27,15	33,00	0	-,438	-,635
P22_Heli_Escen1_Parque	45,12	33,00	33	,235	-,923
P22_Heli_Escen2_Parque	86,69	100,00	100	-1,432	,790
P22_Heli_Escen3_Parque	33,42	33,00	33	,181	,155

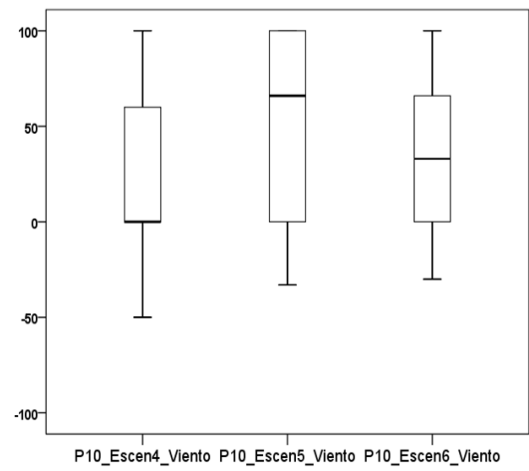
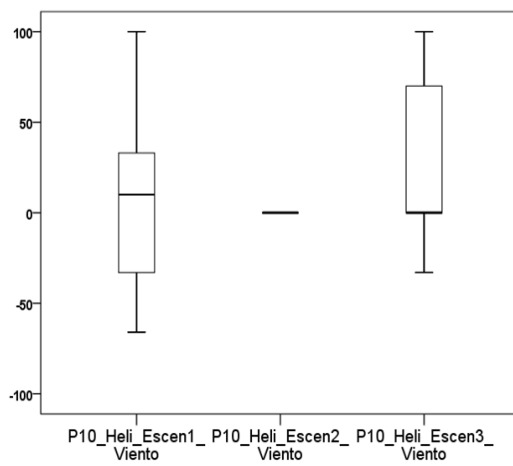
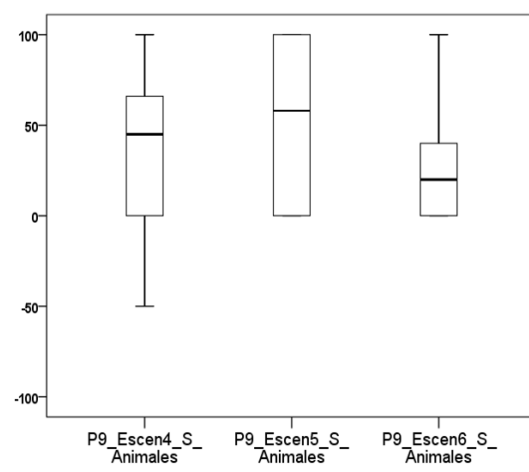
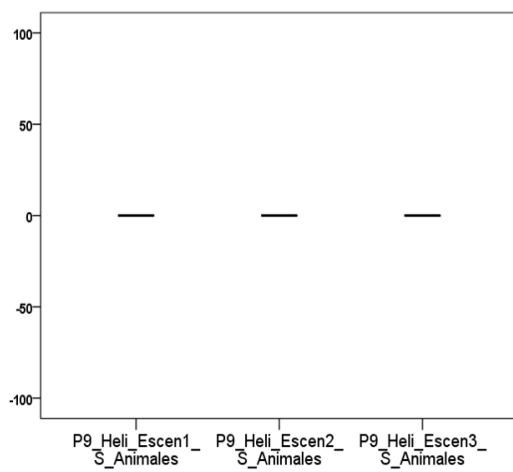
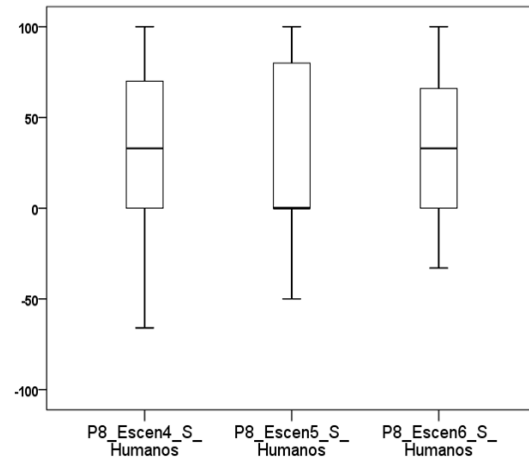
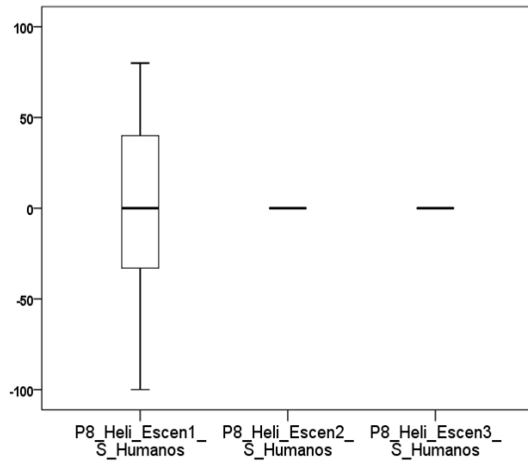
4.5.1. Análisis de medias

Los valores de las medias de la tabla 7 sin fuente de ruido predominante, muestran un comportamiento positivo en todas las variables. Esto se debe a que los encuestados relacionan la presencia y la ausencia del nivel de presión sonora del helicóptero en cada escenario respectivamente. En la tabla 8, se puede observar el valor de la media de las variables, indicando que en la mayoría de las variables de fuente de ruido existe un comportamiento negativo, sin embargo, los descriptores sonoros tienen un valor positivo al igual que el entorno visual y la frecuencia con la que se visitaría el parque.

4.5.2. Análisis de medias, moda, simetría y curtosis

4.5.2.1. Gráficos Box Plots





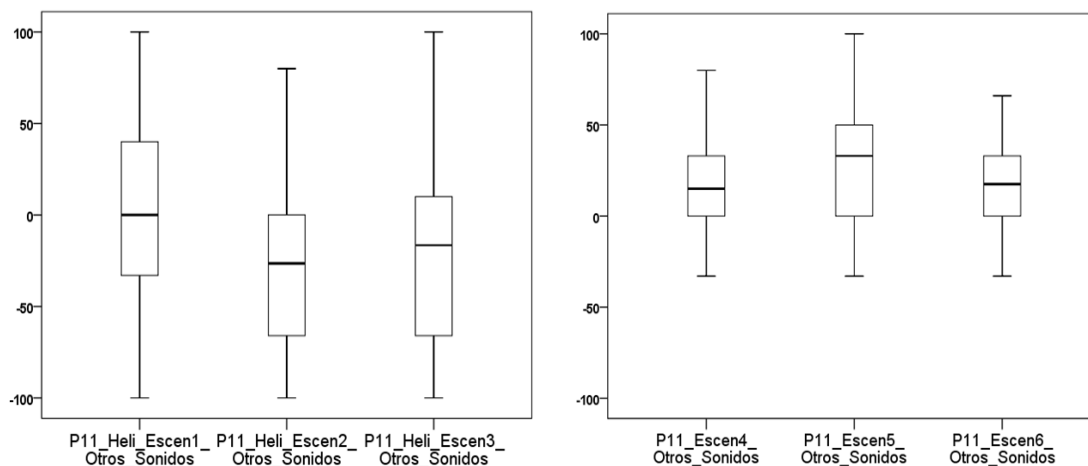
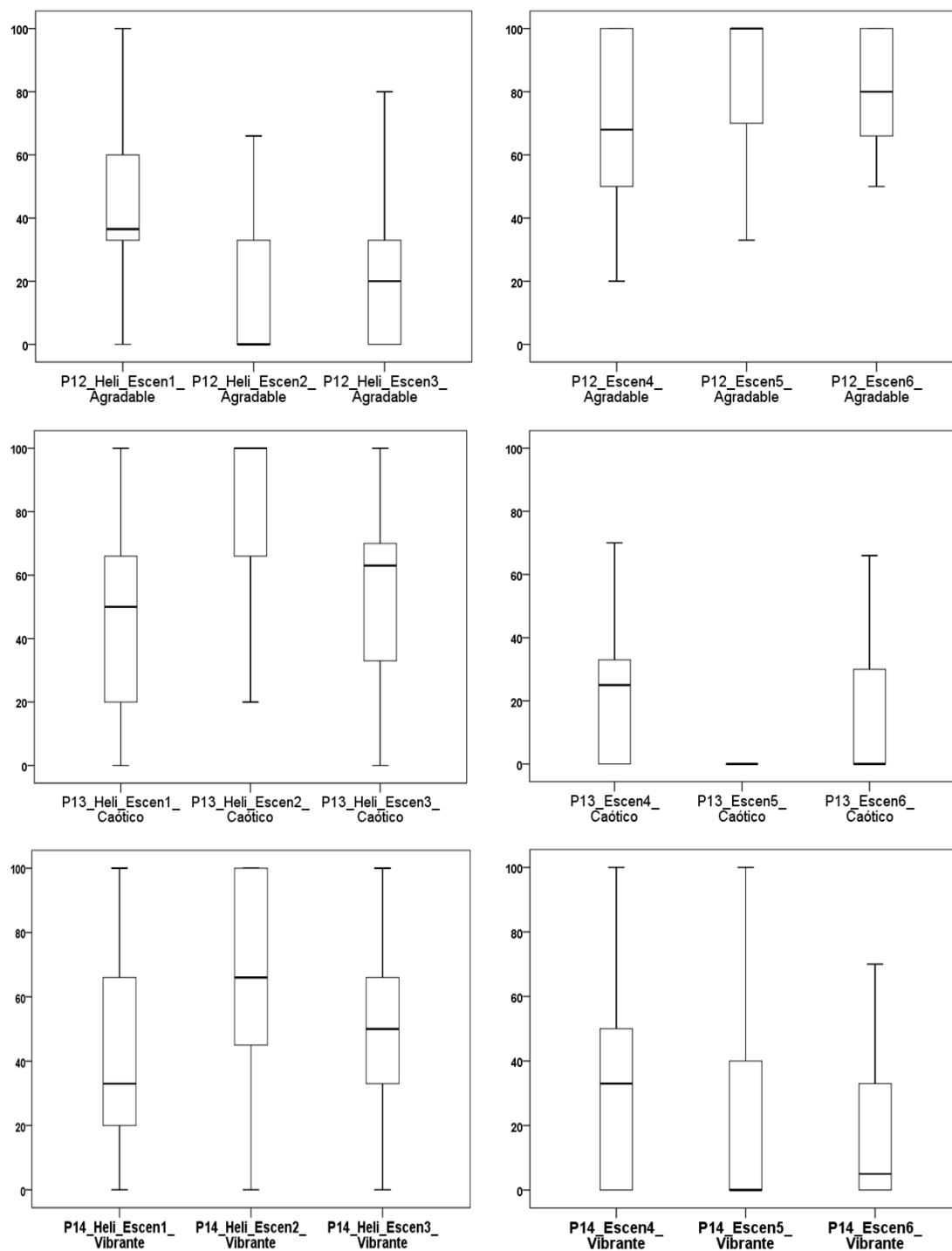


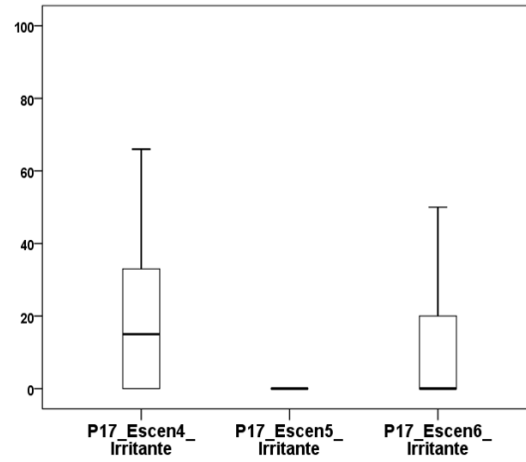
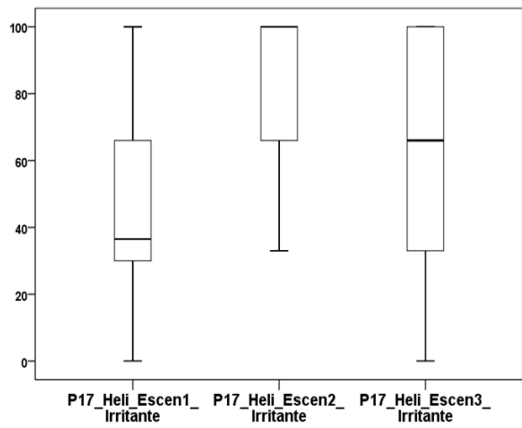
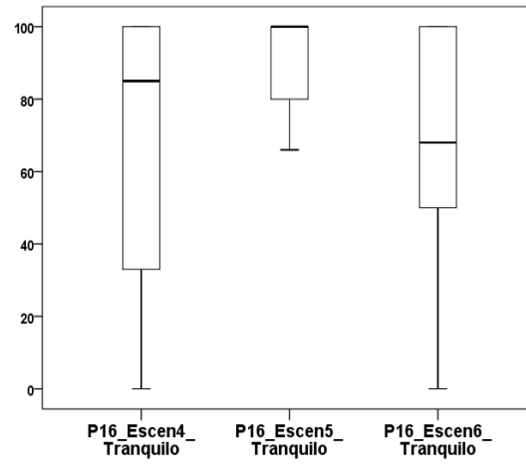
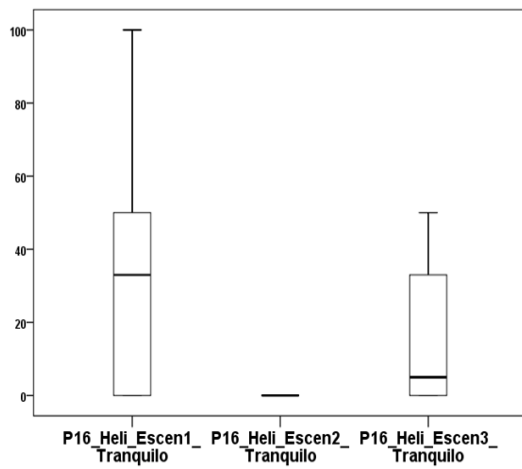
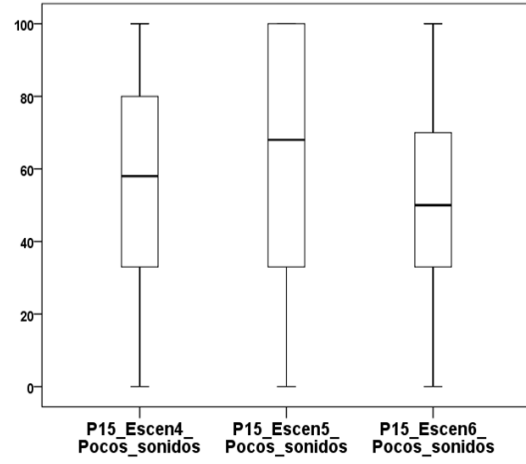
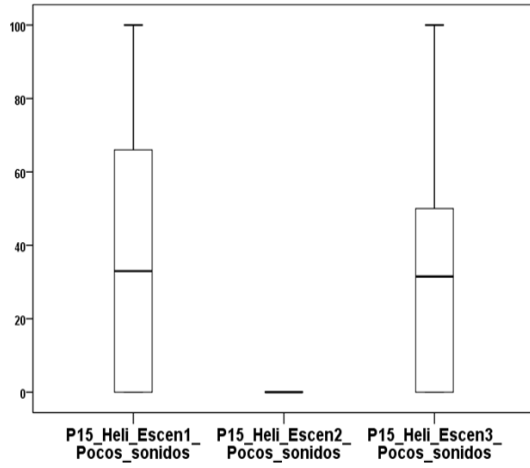
Figura 22. Dispersión de las variables de fuente de ruido con y sin fuente de ruido.

Como se puede observar en la figura 21 las variables de los escenarios con fuente de ruido predominante (helicóptero), como tráfico vehicular, motores de máquinas y otros sonidos poseen una asimetría negativa por lo que la media es menor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis de estas variables posee una igualdad de valores positivos y negativos, lo que indica que existen datos alrededor de la media. Por el contrario, la mayoría de las variables como: aeronaves, sonidos de humanos y viento, tienen una asimetría positiva, por lo que la media es mayor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis de la mayoría de las variables es positiva, es decir, existen varios datos concentrados alrededor de la media.

De igual modo, las variables sin fuente de ruido predominante como: tráfico vehicular, aeronaves, motores de máquinas poseen una asimetría positiva, indicando que la media es mayor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis de estas variables posee una igualdad de valores positivos y negativos, existiendo una concentración de datos alrededor de la media. En cambio, las variables de sonidos de humanos, animales, viento y otros sonidos poseen una asimetría negativa, indicando la media es menor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis de la mayoría de las variables posee un valor negativo, existiendo muy poca concentración de datos alrededor de la media. De igual manera las variables que cuentan con una sola línea en el diagrama de caja no

presentan variabilidad en la dispersión de datos. Por esto no se puede apreciar una tendencia en cuanto a la asimetría y la curtosis, sin embargo, estos valores se pueden observar en las tablas 7 y 8.





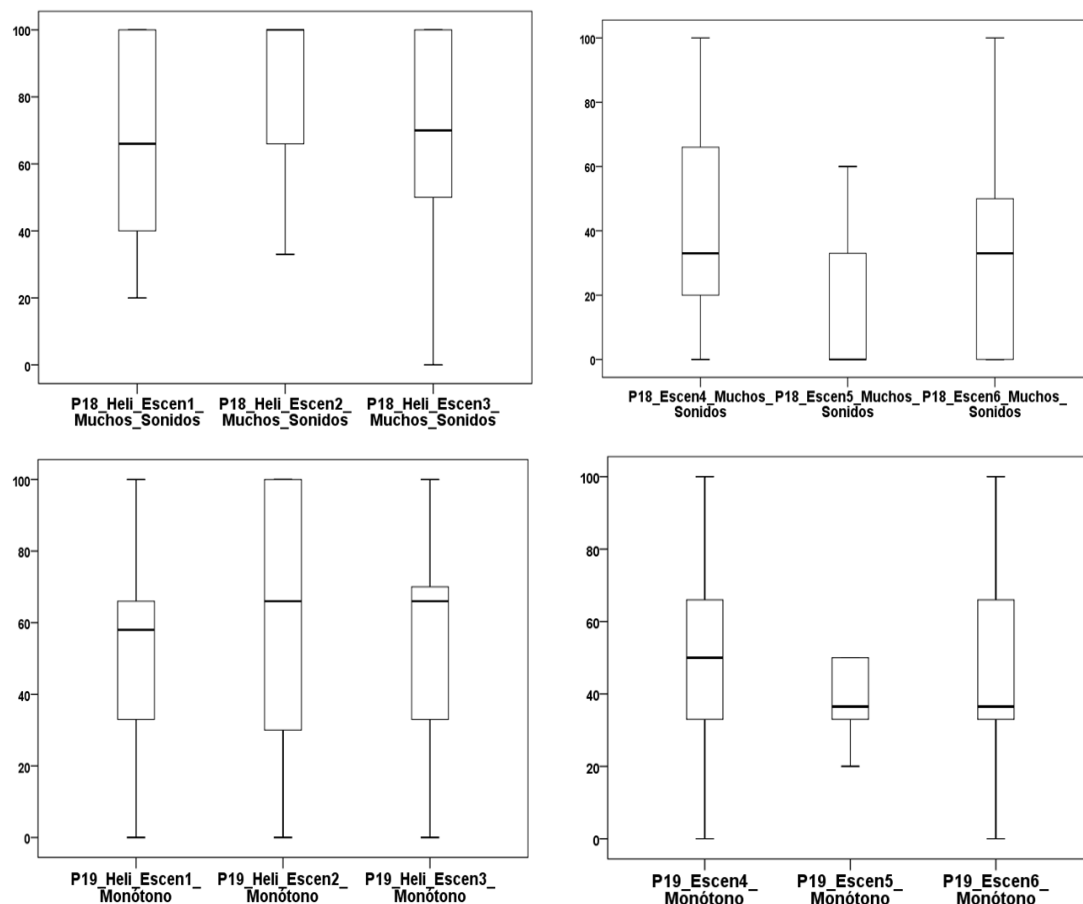


Figura 23. Dispersión de las variables de factores que describen el ambiente acústico con y sin fuente de ruido.

En la figura 22, las variables con fuente de ruido como caótico, pocos sonidos, irritante y monótono poseen una asimetría negativa, mostrando que la media es menor que la mediana y la moda, mientras la curtosis de la mayoría de estas variables posee un valor negativo, existiendo mucha concentración de datos alrededor de la media. Por el contrario, las variables como agradable, vibrante, tranquilo y con muchos sonidos poseen una asimetría positiva, mostrando que la media es mayor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis de la mayoría de las variables posee un valor negativo, existiendo muy poca concentración de datos alrededor de la media.

De igual modo, las variables sin fuente de ruido predominante como: agradable, pocos sonidos y monótono poseen una asimetría positiva, donde la media es mayor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis, la mayoría de las

variables posee un valor negativo, existiendo muy poca concentración de datos alrededor de la media. En cambio, las variables de caótico, vibrante, tranquilo, irritante y muchos sonidos poseen una asimetría negativa, donde la media es menor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis de la mayoría de las variables posee un valor negativo, indicando que existe muy poca concentración de datos alrededor de la media. De igual manera las variables que cuentan con una sola línea en el diagrama de caja no presentan variabilidad en la dispersión de datos. Por esto no se puede apreciar una tendencia en cuanto a la asimetría y la curtosis, sin embargo, estos valores se pueden observar en las tablas 7 y 8.

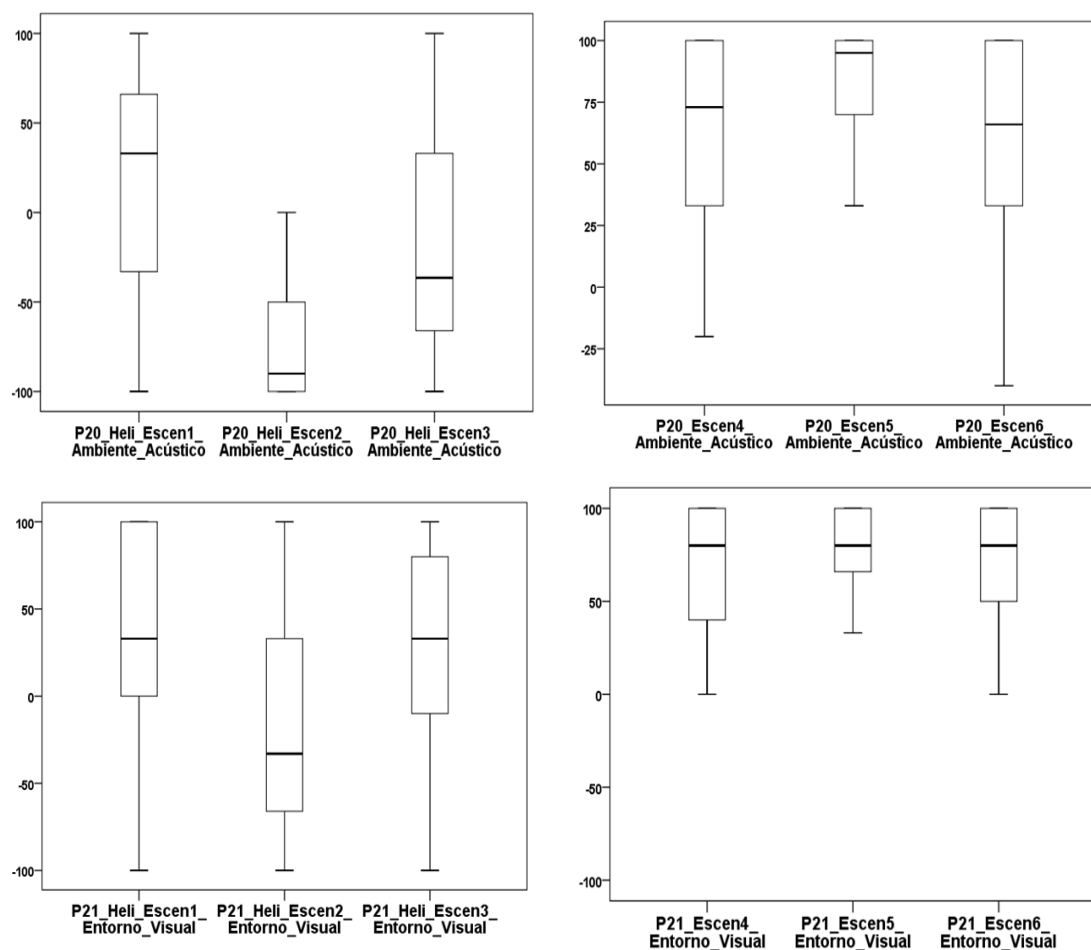


Figura 24. Dispersión de las variables de entorno visual y ambiente acústico con y sin fuente de ruido.

En la figura 23, la mayoría de las variables de ambiente acústico y entorno visual con fuente de ruido poseen una asimetría positiva, indicando que la media es

mayor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis la mayoría de las variables posee un valor negativo, existiendo muy poca concentración de datos alrededor de la media.

Por lo contrario, las variables de ambiente acústico y entorno visual sin fuente de ruido poseen una asimetría negativa, indicando que la media es menor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis posee un valor positivo, existiendo mucha concentración de datos alrededor de la media.

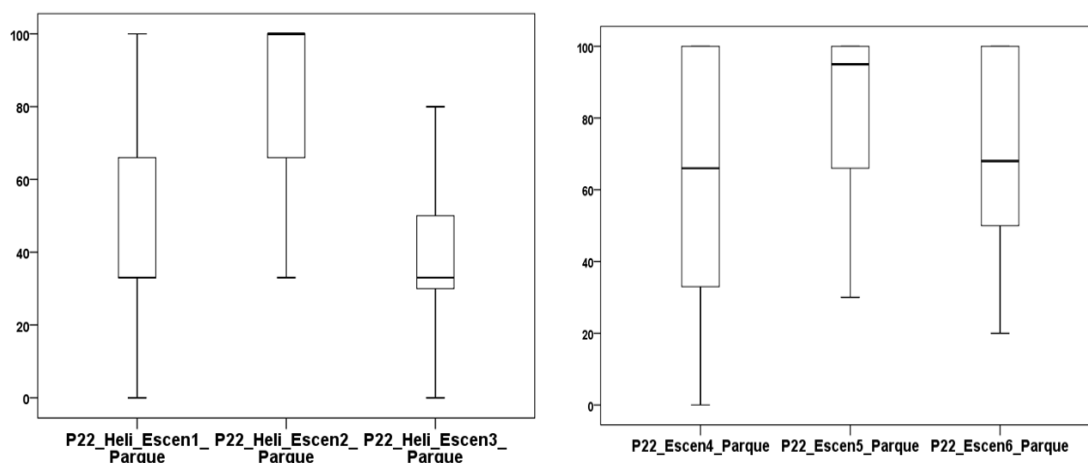


Figura 25. Dispersión de las variables parque con y sin fuente de ruido.

En la figura 24, la variable sobre la frecuencia con la que se visitaría el parque con fuente de ruido predominante posee una asimetría positiva, donde la media es mayor que la mediana y la moda, mientras la curtosis es positiva, existiendo mucha concentración de datos alrededor de la media. Por lo contrario, la variable sin fuente de ruido posee una asimetría negativa, la media es mayor que la mediana y la moda, mientras que la curtosis posee un valor negativo, indicando que existe muy poca concentración de datos alrededor de la media.

4.6. Pruebas de normalidad

Se realizaron pruebas de normalidad de los datos obtenidos para conocer la distribución de las variables separándolos en dos grupos, el primer grupo con presencia de fuente de ruido predominante (helicóptero) y el segundo grupo con ausencia de dicha fuente. Para ello se toma en cuenta el valor de significancia

(sig.), la hipótesis nula e hipótesis alterna. Para aceptar la hipótesis nula, el valor de significatividad (p -valor) deberá ser mayor a 0,05 y para rechazar la hipótesis nula el citado valor deberá ser menos a 0,05 (aceptando la hipótesis alterna). Se realizaron pruebas de normalidad con el test de Shapiro-Wilk debido a que el número de encuestas no supera las 50 muestras requeridas para utilizar otro tipo de test de normalidad como el de Kolmogorov-Smirnov.

Hipótesis nula: la variable a evaluar cuenta con una distribución normal.

Hipótesis alterna: la variable no cuenta con una distribución normal

Tabla 9.

Pruebas de normalidad con fuente de ruido.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
P5_Heli_Escen1_Tráfico	,927	26	,066
P5_Heli_Escen2_Tráfico	,891	26	,010
P5_Heli_Escen3_Tráfico	,872	26	,004*
P6_Heli_Escen1_Aeronaves	,918	26	,040
P6_Heli_Escen2_Aeronaves	,543	26	,000*
P6_Heli_Escen3_Aeronaves	,767	26	,000*
P7_Heli_Escen1_M_Maquinas	,931	26	,084
P7_Heli_Escen2_M_Maquinas	,763	26	,000*
P7_Heli_Escen3_M_Maquinas	,922	26	,049
P8_Heli_Escen1_S_Humanos	,950	26	,229
P8_Heli_Escen2_S_Humanos	,795	26	,000*
P8_Heli_Escen3_S_Humanos	,660	26	,000*
P9_Heli_Escen1_S_Animales	,701	26	,000*
P9_Heli_Escen2_S_Animales	,733	26	,000*
P9_Heli_Escen3_S_Animales	,664	26	,000*
P10_Heli_Escen1_Viento	,952	26	,265
P10_Heli_Escen2_Viento	,820	26	,000*
P10_Heli_Escen3_Viento	,758	26	,000*
P11_Heli_Escen1_Otros_Sonidos	,956	26	,313
P11_Heli_Escen2_Otros_Sonidos	,922	26	,051
P11_Heli_Escen3_Otros_Sonidos	,954	26	,281
P12_Heli_Escen1_Agradable	,906	26	,022
P12_Heli_Escen2_Agradable	,646	26	,000*

P12_Heli_Escen3_Agradable	,789	26	,000*
P13_Heli_Escen1_Caótico	,900	26	,015
P13_Heli_Escen2_Caótico	,701	26	,000*
P13_Heli_Escen3_Caótico	,924	26	,057
P14_Heli_Escen1_Vibrante	,918	26	,040
P14_Heli_Escen2_Vibrante	,876	26	,005
P14_Heli_Escen3_Vibrante	,943	26	,161
P15_Heli_Escen1_Pocos_sonidos	,832	26	,001*
P15_Heli_Escen2_Pocos_sonidos	,487	26	,000*
P15_Heli_Escen3_Pocos_sonidos	,859	26	,002*
P16_Heli_Escen1_Tranquilo	,835	26	,001*
P16_Heli_Escen2_Tranquilo	,364	26	,000*
P16_Heli_Escen3_Tranquilo	,781	26	,000*
P17_Heli_Escen1_Irritante	,923	26	,054
P17_Heli_Escen2_Irritante	,625	26	,000*
P17_Heli_Escen3_Irritante	,909	26	,026
P18_Heli_Escen1_Muchos_Sonidos	,890	26	,010
P18_Heli_Escen2_Muchos_Sonidos	,649	26	,000*
P18_Heli_Escen3_Muchos_Sonidos	,867	26	,003
P19_Heli_Escen1_Monótono	,928	26	,068
P19_Heli_Escen2_Monótono	,882	26	,006
P19_Heli_Escen3_Monótono	,928	26	,071
P20_Heli_Escen1_Ambiente_Acústico	,918	26	,041
P20_Heli_Escen2_Ambiente_Acústico	,675	26	,000*
P20_Heli_Escen3_Ambiente_Acústico	,894	26	,011
P21_Heli_Escen1_Entorno_Visual	,881	26	,006
P21_Heli_Escen2_Entorno_Visual	,874	26	,004*
P21_Heli_Escen3_Entorno_Visual	,942	26	,147
P22_Heli_Escen1_Parque	,904	26	,019
P22_Heli_Escen2_Parque	,649	26	,000*
P22_Heli_Escen3_Parque	,902	26	,017

*. El valor de significancia es menor a 0,05

Tabla 10.

Pruebas de normalidad sin fuente de ruido.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
P5_Escen4_Tráfico	,909	26	,025
P5_Escen5_Tráfico	,788	26	,000*
P5_Escen6_Tráfico	,750	26	,000*
P6_Escen4_Aeronaves	,901	26	,017
P6_Escen5_Aeronaves	,849	26	,001*
P6_Escen6_Aeronaves	,752	26	,000*
P7_Escen4_M_Máquinas	,838	26	,001*
P7_Escen5_M_Máquinas	,803	26	,000*
P7_Escen6_M_Máquinas	,733	26	,000*
P8_Escen4_S_Humanos	,950	26	,227
P8_Escen5_S_Humanos	,790	26	,000*
P8_Escen6_S_Humanos	,940	26	,134
P9_Escen4_S_Animales	,917	26	,038
P9_Escen5_S_Animales	,841	26	,001*
P9_Escen6_S_Animales	,867	26	,003*
P10_Escen4_Viento	,845	26	,001*
P10_Escen5_Viento	,846	26	,001*
P10_Escen6_Viento	,883	26	,007
P11_Escen4_Otros_Sonidos	,893	26	,011
P11_Escen5_Otros_Sonidos	,894	26	,011
P11_Escen6_Otros_Sonidos	,965	26	,497
P12_Escen4_Agradable	,898	26	,014
P12_Escen5_Agradable	,735	26	,000*
P12_Escen6_Agradable	,819	26	,000*
P13_Escen4_Caótico	,838	26	,001*
P13_Escen5_Caótico	,481	26	,000*
P13_Escen6_Caótico	,651	26	,000*
P14_Escen4_Vibrante	,901	26	,017
P14_Escen5_Vibrante	,689	26	,000*
P14_Escen6_Vibrante	,781	26	,000*
P15_Escen4_Pocos_sonidos	,911	26	,028
P15_Escen5_Pocos_sonidos	,869	26	,003*
P15_Escen6_Pocos_sonidos	,940	26	,133
P16_Escen4_Tranquilo	,804	26	,000*
P16_Escen5_Tranquilo	,628	26	,000*
P16_Escen6_Tranquilo	,891	26	,010

P17_Escen4_Irritante	,799	26	,000*
P17_Escen5_Irritante	,565	26	,000*
P17_Escen6_Irritante	,691	26	,000*
P18_Escen4_Muchos_Sonidos	,923	26	,053
P18_Escen5_Muchos_Sonidos	,742	26	,000*
P18_Escen6_Muchos_Sonidos	,879	26	,006
P19_Escen4_Monótono	,956	26	,321
P19_Escen5_Monótono	,857	26	,002*
P19_Escen6_Monótono	,924	26	,055
P20_Escen4_Ambiente_Acústico	,918	26	,041
P20_Escen5_Ambiente_Acústico	,675	26	,000*
P20_Escen6_Ambiente_Acústico	,894	26	,011
P21_Escen4_Entorno_Visual	,881	26	,006
P21_Escen5_Entorno_Visual	,874	26	,004*
P21_Escen6_Entorno_Visual	,942	26	,147
P22_Escen4_Parque	,904	26	,019
P22_Escen5_Parque	,649	26	,000*
P22_Escen6_Parque	,902	26	,017

*. El valor de significancia es menor a 0,05

Como se puede observar en las tablas 9 y 10 existe cierta variabilidad del valor de significancia, aunque la mayoría son menores a 0,05 (rechazando la hipótesis nula). Por lo tanto, hay muy pocas variables con distribución normal, por lo que para el análisis de la diferencia entre grupos de variables se opta por utilizar pruebas no paramétricas.

4.7. Homogeneidad de varianzas de Levene

Se realizó una prueba de homogeneidad utilizando el test de Levene relacionando dos variables, la primera variable con fuente de ruido y la segunda variable sin fuente de ruido. Para ello se toma en cuenta el valor de significancia (sig.), la hipótesis nula e hipótesis alterna. Para aceptar la hipótesis nula se tomará en cuenta un valor mayor a 0,05; para rechazar la hipótesis nula y aceptar la alterna, se tomará un valor menor a 0,05.

Hipótesis nula: las varianzas de las variables relacionan son homogéneas.

Hipótesis alterna: las varianzas de las variables relacionadas no son homogéneas.

Tabla 11.

Homogeneidad de varianzas de las variables relacionadas con y sin fuente de ruido.

	Estadístico de Levene	Sig.
P5_Heli_Escen1_Tráfico BY P5_Escen6_Tráfico	,103	,902
P5_Heli_Escen2_Tráfico BY P5_Escen5_Tráfico	5,688	,012
P5_Heli_Escen3_Tráfico BY P5_Escen4_Tráfico	2,672	,061
P6_Heli_Escen1_Aeronaves BY P6_Escen6_Aeronaves	1,741	,202
P6_Heli_Escen2_Aeronaves BY P6_Escen5_Aeronaves	3,546	,077
P6_Heli_Escen3_Aeronaves BY P6_Escen4_Aeronaves	2,852	,058
P7_Heli_Escen1_M_Máquinas BY P7_Escen6_M_Maquinas	4,975	,039
P7_Heli_Escen2_M_Máquinas BY P7_Escen5_M_Máquinas	,414	,667
P7_Heli_Escen3_M_Máquinas BY P7_Escen4_M_Máquinas	7,845	,003
P8_Heli_Escen1_S_Humanos BY P8_Escen6_S_Humanos	,635	,646
P8_Heli_Escen2_S_Humanos BY P8_Escen5_S_Humanos	,888	,428
P8_Heli_Escen3_S_Humanos BY P8_Escen4_S_Humanos	6016	,000*
P9_Heli_Escen1_S_Animales BY P9_Escen6_S_Animales	5,695	,004*
P9_Heli_Escen2_S_Animales BY P9_Escen5_S_Animales	1,005	,413
P9_Heli_Escen3_S_Animales BY P9_Escen4_S_Animales	4,560	,009
P10_Heli_Escen1_Viento BY P10_Escen6_Viento	2,435	,085

P10_Heli_Escen2_Viento BY P10_Escen5_Viento	,548	,703
P10_Heli_Escen3_Viento BY P10_Escen4_Viento	1,340	,294
P11_Heli_Escen1_Otros_Sonidos BY P11_Escen6_Otros_Sonidos	1,106	,382
P11_Heli_Escen2_Otros_Sonidos BY P11_Escen5_Otros_Sonidos	1,677	,199
P11_Heli_Escen3_Otros_Sonidos BY P11_Escen4_Otros_Sonidos	,146	,931
P12_Heli_Escen1_Agradable BY P12_Escen6_Agradable	1,699	,192
P12_Heli_Escen2_Agradable BY P12_Escen5_Agradable	3,105	,051
P12_Heli_Escen3_Agradable BY P12_Escen4_Agradable	1,679	,194
P13_Heli_Escen1_Caótico BY P13_Escen6_Caótico	2,780	,089
P13_Heli_Escen2_Caótico BY P13_Escen5_Caótico	2,383	,118
P13_Heli_Escen3_Caótico BY P13_Escen4_Caótico	1,686	,200
P14 Escen1_Vibrante BY P14_Escen6_Vibrante	,511	,680
P14_Heli_Escen2_Vibrante BY P14_Escen5_Vibrante	,704	,561
P14_Escen5_Vibrante BY P14_Escen4_Vibrante	10,085	,000*
P15_Heli_Escen1_Pocos_sonidos BY P15_Escen6_Pocos_sonidos	3,515	,022
P15_Heli_Escen2_Pocos_sonidos BY P15_Escen5_Pocos_sonidos	5,716	,002*
P15_Heli_Escen3_Pocos_sonidos BY P15_Escen4_Pocos_sonidos	,710	,596
P16_Heli_Escen1_Tranquilo BY P16_Escen6_Tranquilo	3,607	,026
P16_Heli_Escen2_Tranquilo BY P16_Escen5_Tranquilo	3,714	,028
P16_Heli_Escen3_Tranquilo BY P16_Escen4_Tranquilo	1,224	,336
P17_Heli_Escen1_Irritante BY P17_Escen6_Irritante	2,549	,103

P17_Heli_Escen2_Irritante BY P17_Escen5_Irritante	3,250	,087
P17_Heli_Escen3_Irritante BY P17_Escen4_Irritante	1,627	,210
P18_Heli_Escen1_Muchos_Sonidos BY P18_Escen6_Muchos_Sonidos	,859	,528
P18_Heli_Escen2_Muchos_Sonidos BY P19_Escen5_Monótono	4,414	,015
P18_Heli_Escen3_Muchos_Sonidos BY P18_Escen4_Muchos_Sonidos	4,992	,004*
P19_Heli_Escen1_Monótono BY P19_Escen6_Monótono	5,525	,003*
P19_Heli_Escen2_Monótono BY P19_Escen5_Monótono	2,453	,093
P19_Heli_Escen3_Monótono BY P19_Escen4_Monótono	3,910	,018
P20_Heli_Escen1_Ambiente_Acústico BY P20_Escen6_Ambiente_Acústico	1,873	,156
P20_Heli_Escen2_Ambiente_Acústico BY P20_Escen5_Ambiente_Acústico	3,017	,055
P20_Heli_Escen3_Ambiente_Acústico BY P20_Escen4_Ambiente_Acústico	4,408	,006
P21_Heli_Escen1_Entorno_Visual BY P21_Escen6_Entorno_Visual	2,789	,070
P21_Heli_Escen2_Entorno_Visual BY P21_Escen5_Entorno_Visual	5,097	,011
P21_Heli_Escen3_Entorno_Visual BY P21_Escen4_Entorno_Visual	2,402	,078
P22_Heli_Escen1_Parque BY P22_Escen6_Parque	1,976	,134
P22_Heli_Escen2_Parque BY P22_Escen5_Parque	1,802	,170
P22_Heli_Escen3_Parque BY P22_Escen4_Parque	6,295	,004*

*. El valor de significancia es menor a 0,05

En la tabla 11, la mayoría de los valores de significancia de la relación de las variables son mayor a 0,05 por lo tanto acepta la hipótesis nula, lo que indica que para esos pares de variables hay homogeneidad de varianzas. Sin embargo, existe algunas relaciones de variables que son menores a 0,05 rechazando la hipótesis nula.

4.8. Pruebas no paramétricas

Debido a los resultados obtenidos de las pruebas de normalidad y de homogeneidad hemos optado por realizar pruebas no paramétricas, ya que todas las variables no tienen distribución normal y la distribución de las varianzas son homogéneas. Por lo tanto, se realizó el análisis de Wilcoxon para evaluar si había diferencia significativa entre pares de variables, y el de Friedman cuando las variables a analizar eran más de dos.

4.8.1. Análisis de Wilcoxon

Se realizó el análisis de Wilcoxon entre una variable con presencia de fuente de ruido predominante y una variable con ausencia de fuente de ruido predominante, para comparar las medianas de las variables relacionadas. Para ello se toma en cuenta el valor de significancia (sig.), la hipótesis nula e hipótesis alterna. Se acepta la hipótesis nula cuando el valor de significancia es mayor a 0,05 para rechazar la hipótesis nula y aceptar la alterna, se tomará un valor menor a 0,05.

Hipótesis nula: las medianas de las variables relacionadas son diferentes.

Hipótesis alterna: las medianas de las variables relacionadas no son diferentes.

Tabla 12.

Análisis Wilcoxon.

	Z	%N			Sig.
		Rangos negativos (a)	Rangos positivos (b)	Neutral (c)	
P5_Escen6_Tráfico (1) BY P5_Heli_Escen1_Tráfico (2)	-2.465	15,4%	50,0%	34,6%	,014
P5_Escen5_Tráfico (1) BY P5_Heli_Escen2_Tráfico (2)	-3.642	0,0%	65,4%	34,6%	,000*
P5_Escen4_Tráfico (1) BY P5_Heli_Escen3_Tráfico (2)	-1.509	23,1%	34,6%	42,3%	,131

P6_Escen6_Aeronaves (1) BY P6_Heli_Escen1_Aeronaves (2)	-1.970	23,1%	61,5%	15,4%	,049
P6_Escen5_Aeronaves (1) BY P6_Heli_Escen2_Aeronaves (2)	-3.710	7,7%	88,5%	3,8%	,000*
P6_Escen4_Aeronaves (1) BY P6_Heli_Escen3_Aeronaves (2)	-3.991	11,5%	80,8%	7,7%	,000*
P7_Escen6_M_Máquinas (1) BY P7_Heli_Escen1_M_Máquinas (2)	-2.156	19,2%	53,8%	26,9%	,031
P7_Escen5_M_Máquinas (1) BY P7_Heli_Escen2_M_Máquinas (2)	-3.712	7,7%	76,9%	15,4%	,000*
P7_Escen4_M_Máquinas (1) BY P7_Heli_Escen3_M_Máquinas (2)	-2.644	11,5%	46,2%	42,3%	,008
P8_Escen6_S_Humanos (1) BY P8_Heli_Escen1_S_Humanos (2)	-2.268	30,8%	65,4%	3,8%	,023
P8_Escen5_S_Humanos (1) BY P8_Heli_Escen2_S_Humanos (2)	-2.551	11,5%	50,0%	38,5%	,011
P8_Escen4_S_Humanos (1) BY P8_Heli_Escen3_S_Humanos (2)	-2.297	19,2%	50,0%	30,8%	,022
P9_Escen6_S_Animales (1) BY P9_Heli_Escen1_S_Animales (2)	-1.969	19,2%	42,3%	38,5%	,049
P9_Escen5_S_Animales (1) BY P9_Heli_Escen2_S_Animales (2)	-3.678	3,8%	65,4%	30,8%	,000*
P9_Escen4_S_Animales (1) BY P9_Heli_Escen3_S_Animales (2)	-2.093	19,2%	61,5%	19,2%	,036
P10_Escen6_Viento (1) BY P10_Heli_Escen1_Viento (2)	-1.319	34,6%	50,0%	15,4%	,187
P10_Escen5_Viento (1) BY P10_Heli_Escen2_Viento (2)	-3.750	0,0%	69,2%	30,8%	,000*
P10_Escen4_Viento (1) BY P10_Heli_Escen3_Viento (2)	-,078	26,9%	34,6%	38,5%	,938
P11_Escen6_Otros_Sonidos (1) BY P11_Heli_Escen1_Otros_Sonidos (2)	-1.660	30,8%	61,5%	7,7%	,097
P11_Escen5_Otros_Sonidos (1) BY P11_Heli_Escen2_Otros_Sonidos (2)	-3.529	7,7%	65,4%	26,9%	,000*
P11_Escen4_Otros_Sonidos (1) BY P11_Heli_Escen3_Otros_Sonidos (2)	-3.005	11,5%	61,5%	26,9%	,003*
P12_Escen6_Agradable (1) BY P12_Heli_Escen1_Agradable (2)	-3.637	3,8%	76,9%	19,2%	,000*
P12_Escen5_Agradable (1) BY P12_Heli_Escen2_Agradable (2)	-4.253	0,0%	88,5%	11,5%	,000*
P12_Escen4_Agradable (1) BY P12_Heli_Escen3_Agradable (2)	-4.234	3,8%	88,5%	7,7%	,000*

P13_Escen6_Caótico (1) BY P13_Heli_Escen1_Caótico (2)	-3.324	57,7%	7,7%	34,6%	,001*
P13_Escen5_Caótico (1) BY P13_Heli_Escen2_Caótico (2)	-4.291	88,5%	0,0%	11,5%	,000*
P13_Escen4_Caótico (1) BY P13_Heli_Escen3_Caótico (2)	-3.013	69,2%	23,1%	7,7%	,003*
P14_Escen6_Vibrante (1) BY P14_Heli_Escen1_Vibrante (2)	-2.714	61,5%	15,4%	23,1%	,007
P14_Escen5_Vibrante (1) BY P14_Heli_Escen2_Vibrante (2)	-3.836	76,9%	3,8%	19,2%	,000*
P14_Escen4_Vibrante (1) BY P14_Heli_Escen3_Vibrante (2)	-2.276	61,5%	15,4%	23,1%	,023
P15_Escen6_Pocos_sonidos (1) BY P15_Heli_Escen1_Pocos_sonidos (2)	-1.818	23,1%	50,0%	26,9%	,069
P15_Escen5_Pocos_sonidos (1) BY P15_Heli_Escen2_Pocos_sonidos (2)	-3.292	11,5%	80,8%	7,7%	,001*
P15_Escen4_Pocos_sonidos (1) BY P15_Heli_Escen3_Pocos_sonidos (2)	-2,209	26,9%	61,5%	11,5%	,027
P16_Escen6_Tranquilo (1) BY- P16_Heli_Escen1_Tranquilo (2)	-3.600	7,7%	61,5%	30,8%	,000*
P16_Escen5_Tranquilo (1) BY P16_Heli_Escen2_Tranquilo (2)	-4.515	0,0%	96,2%	3,8%	,000*
P16_Escen4_Tranquilo (1) BY P16_Heli_Escen3_Tranquilo (2)	-3.824	7,7%	73,1%	19,2%	,000*
P17_Escen6_Irritante (1) BY P17_Heli_Escen1_Irritante (2)	-3.803	76,9%	11,5%	11,5%	,000*
P17_Escen5_Irritante (1) BY P17_Heli_Escen2_Irritante (2)	-4.383	92,3%	3,8%	3,8%	,000*
P17_Escen4_Irritante (1) BY P17_Heli_Escen3_Irritante (2)	-3.665	69,2%	7,7%	23,1%	,000*
P18_Escen6_Muchos_Sonidos (1) BY P18_Heli_Escen1_Muchos_Sonidos (2)	-3.869	84,6%	11,5%	3,8%	,000*
P18_Escen5_Muchos_Sonidos (1) BY P18_Heli_Escen2_Muchos_Sonidos (2)	-4.420	96,2%	0,0%	3,8%	,000*
P18_Escen4_Muchos_Sonidos (1) BY P18_Heli_Escen3_Muchos_Sonidos (2)	-3.296	73,1%	11,5%	15,4%	,001*
P19_Escen6_Monótono (1) BY P19_Heli_Escen1_Monótono (2)	-2.006	57,7%	7,7%	34,6%	,039
P19_Escen5_Monótono (1) BY P19_Heli_Escen2_Monótono (2)	-1.233	46,2%	26,9%	26,9%	,218
P19_Escen4_Monótono (1) BY P19_Heli_Escen3_Monótono (2)	-,938	38,5%	30,8%	30,8%	,348

P20_Escen6_Ambiente_Acústico (1) BY P20_Heli_Escen1_Ambiente_Acústico (2)	-3.053	19,2%	65,4%	15,4%	,002*
P20_Escen5_Ambiente_Acústico (1) BY P20_Heli_Escen2_Ambiente_Acústico (2)	-4.111	3,8%	88,5%	7,7%	,000*
P20_Escen4_Ambiente_Acústico (1) BY P20_Heli_Escen3_Ambiente_Acústico (2)	4.273	80,8%	3,8%	15,4%	,000*
P21_Escen6_Entorno_Visual (1) BY P21_Heli_Escen1_Entorno_Visual (2)	-3.869	19,2%	50,0%	30,8%	,026
P21_Escen5_Entorno_Visual (1) BY P21_Heli_Escen2_Entorno_Visual (2)	-2.223	7,7%	73,1%	19,2%	,000*
P21_Escen4_Entorno_Visual (1) BY P21_Heli_Escen3_Entorno_Visual (2)	-3.684	65,4%	3,8%	30,8%	,000*
P22_Escen6_Parque (1) BY P22_Heli_Escen1_Parque (2)	-3.141	7,7%	80,8%	11,5%	,002*
P22_Escen5_Parque (1) BY P22_Heli_Escen2_Parque (2)	-,787	38,5%	15,4%	46,2%	,431
P22_Escen4_Parque (1) BY P22_Heli_Escen3_Parque (2)	-4.125	84,6%	0,0%	15,4%	,000*

*. El valor de significancia es menor a 0,05

En cada fila aparecen dos variables y cada variable tiene un índice 1 y 2. %N es el porcentaje de número de personas que respondió a la variable (1) con un valor mayor, menor o igual a una variable (2). Los valores (a), (b) y (c) significan los siguiente:

- a. Porcentaje N de personas que ha dado un valor a la variable (1) < variable (2).
- b. Porcentaje N de personas que ha dado un valor a la variable (1) > variable (2).
- c. Porcentaje N de personas que ha dado un valor a la variable (1) = variable (2).

En la tabla 12, se pueden observar los resultados de la comparación de las distintas combinaciones de los dos tipos de variables. De los tres grupos conformados por la variable de tráfico vehicular se obtiene un valor de significancia menor a 0,05, en el segundo grupo conformado por las variables (P5_Escen5_Trafico (1) BY P5_Heli_Escen2_Trafico (2)), rechazando la hipótesis nula y aceptando que existen diferencia entre las variables relacionadas. También se puede observar que el 65,4% de las respuestas fueron positivas, calificando de mejor manera la variable (1) con respecto a la variable (2), indicando que la fuente de ruido de tráfico vehicular causa menos molestia en la variable (1), debido a la ausencia de una fuente de ruido en específico. De

igual manera, en el grupo de las variables (P5_Esce6_Trafico (1) BY P5_Heli_Escen1_Trafico (2)), se obtuvo un 50% de respuestas positivas calificando de mejor manera la variable (1) con respecto a la variable (2), indicando que la fuente de ruido de tráfico vehicular causa menos molestia en la variable (1), debido a la ausencia de una fuente de ruido en específico. En el grupo de las variables (P5_Escen4_Trafico (1) BY P5_Heli_Escen3_Trafico (2)), se obtuvo un 42,3% de respuestas iguales entre la variable (1) y la variable (2), indicando que las repuestas de las personas no son significativamente diferentes. Sin embargo, en ambos casos se obtuvo un valor de significancia mayor a 0,05 aceptando la hipótesis nula, por lo tanto, no existe diferencia entre estas variables. Este análisis se realizó para los valores de significancia menores a 0,05, que se pueden identificar mediante el superíndice (*) en la tabla 12.

4.9. Análisis de Friedman

El análisis de Friedman permite seleccionar más de dos variables en grupos, tomando en cuenta que estas variables deben ser lo más parecidas entre sí. Se relacionaron tres variables en un solo grupo de los distintos escenarios, con presencia de fuente de ruido predominante y tres variables en otro grupo con ausencia de fuente de ruido predominante. Para ello se toma en cuenta el valor de significancia (sig.), la hipótesis nula e hipótesis alterna. Se acepta la hipótesis nula cuando el valor de significancia es mayor a 0,05 y se rechaza cuando el valor de significancia es inferior a 0,05 y aceptando la hipótesis alterna.

Hipótesis nula: no existe diferencia entre el grupo de las variables.

Hipótesis alterna: existe diferencias entre el grupo de las variables.

El análisis de Friedman indica que existen diferencias significativas entre al menos un par de variables, pero no indica entre qué par/pares de variables sucede. Por tanto, en el caso de rechazar la hipótesis nula, se debe realizar un posterior análisis para observar las diferencias que existen entre las combinaciones de las variables.

Tabla 13.

Análisis de Friedman.

	Chi-cuadrado	Sig.
P5_Heli_Escen1_Tráfico	3,893	,143
P5_Heli_Escen2_Tráfico		
P5_Heli_Escen3_Tráfico		
P5_Escen4_Tráfico	4,774	,092
P5_Escen5_Tráfico		
P5_Escen6_Tráfico		
P6_Heli_Escen1_Aeronaves	11,378	,003*
P6_Heli_Escen2_Aeronaves		
P6_Heli_Escen3_Aeronaves		
P6_Escen4_Aeronaves	4,831	,089
P6_Escen5_Aeronaves		
P6_Escen6_Aeronaves		
P7_Heli_Escen1_M_Máquinas	8,000	,018
P7_Heli_Escen2_M_Máquinas		
P7_Heli_Escen3_M_Máquinas		
P7_Escen4_M_Máquinas	5,903	,052
P7_Escen5_M_Máquinas		
P7_Escen6_M_Máquinas		
P8_Heli_Escen1_S_Humanos	1,826	,401
P8_Heli_Escen2_S_Humanos		
P8_Heli_Escen3_S_Humanos		
P8_Escen4_S_Humanos	1,670	,434
P8_Escen5_S_Humanos		
P8_Escen6_S_Humanos		
P9_Heli_Escen1_S_Animales	1,220	,543
P9_Heli_Escen2_S_Animales		
P9_Heli_Escen3_S_Animales		
P9_Escen4_S_Animales	2,851	,240
P9_Escen5_S_Animales		
P9_Escen6_S_Animales		
P10_Heli_Escen1_Viento	5,370	,068
P10_Heli_Escen2_Viento		
P10_Heli_Escen3_Viento		
P10_Escen4_Viento	9,262	,010
P10_Escen5_Viento		
P10_Escen6_Viento		

P11_Heli_Escen1_Otros_Sonidos		
P11_Heli_Escen2_Otros_Sonidos	3,440	,179
P11_Heli_Escen3_Otros_Sonidos		
P11_Escen4_Otros_Sonidos		
P11_Escen5_Otros_Sonidos	1,132	,568
P11_Escen6_Otros_Sonidos		
P12_Heli_Escen1_Agradable		
P12_Heli_Escen2_Agradable	22,605	,000*
P12_Heli_Escen3_Agradable		
P13_Escen4_Agradable		
P13_Escen5_Agradable	9,254	,010
P13_Escen6_Agradable		
P13_Heli_Escen1_Caótico		
P13_Heli_Escen2_Caótico	22,753	,000*
P13_Heli_Escen3_Caótico		
P13_Escen4_Caótico		
P13_Escen5_Caótico	9,451	,009
P13_Escen6_Caótico		
P14_Heli_Escen1_Vibrante		
P14_Heli_Escen2_Vibrante	8,897	,012
P14_Heli_Escen3_Vibrante		
P14_Escen4_Vibrante		
P14_Escen5_Vibrante	5,656	,059
P14_Escen6_Vibrante		
P15_Heli_Escen1_Pocos_sonidos		
P15_Heli_Escen2_Pocos_sonidos	11,924	,003
P15_Heli_Escen3_Pocos_sonidos		
P15_Escen4_Pocos_sonidos		
P15_Escen5_Pocos_sonidos	,410	,815
P15_Escen6_Pocos_sonidos		
P16_Heli_Escen1_Tranquilo		
P16_Heli_Escen2_Tranquilo	21,206	,000*
P16_Heli_Escen3_Tranquilo		
P16_Escen4_Tranquilo		
P16_Escen5_Tranquilo	7,714	,021
P16_Escen6_Tranquilo		
P17_Heli_Escen1_Irritante		
P17_Heli_Escen2_Irritante	19,075	,000*
P17_Heli_Escen3_Irritante		
P17_Escen4_Irritante		
P17_Escen5_Irritante	7,654	,022
P17_Escen6_Irritante		

P18_Heli_Escen1_Muchos_Sonidos		
P18_Heli_Escen2_Muchos_Sonidos	12,943	,002*
P18_Heli_Escen3_Muchos_Sonidos		
P18_Escen4_Muchos_Sonidos		
P18_Escen5_Muchos_Sonidos	20,899	,000*
P18_Escen6_Muchos_Sonidos		
P19_Heli_Escen1_Monótono		
P19_Heli_Escen2_Monótono	,338	,844
P19_Heli_Escen3_Monótono		
P19_Escen4_Monótono		
P19_Escen5_Monótono	2,333	,311
P19_Escen6_Monótono		
P20_Heli_Escen1_Ambiente_Acústico		
P20_Heli_Escen2_Ambiente_Acústico	18,644	,000*
P20_Heli_Escen3_Ambiente_Acústico		
P20_Escen4_Ambiente_Acústico		
P20_Escen5_Ambiente_Acústico	19,310	,000*
P20_Escen6_Ambiente_Acústico		
P21_Heli_Escen1_Entorno_Visual		
P21_Heli_Escen2_Entorno_Visual	2,899	,235
P21_Heli_Escen3_Entorno_Visual		
P21_Escen4_Entorno_Visual		
P21_Escen5_Entorno_Visual	17,132	,000*
P21_Escen6_Entorno_Visual		
P22_Heli_Escen1_Parque		
P22_Heli_Escen2_Parque	5,216	,074
P22_Heli_Escen3_Parque		
P22_Escen4_Parque		
P22_Escen5_Parque	27,356	,000*
P22_Escen6_Parque		

*. El valor de significancia es menor a 0,05

En la tabla 13, existen muchos grupos con un valor de significancia mayor a 0,05, aceptando la hipótesis nula; para dichos grupos no se realizará ningún análisis posterior debido a que no existe diferencia entre estas variables. Sin embargo, se observa que varios grupos poseen un valor de significancia menor a 0,05 como en el grupo de variables de aeronaves, agradable, caótico, pocos sonidos, tranquilo, irritante, muchos sonidos, ambiente acústico con fuente de ruido y muchos sonidos, entorno visual y parque sin fuente de ruido. Para estos grupos se acepta la hipótesis alterna, indicando que existe diferencia entre este grupo

de variables. Por lo tanto, se debe realizar un posterior análisis para observar las diferencias que existen entre las diferentes combinaciones de las variables del grupo mediante análisis de Wilcoxon.

4.10. Análisis Wilcoxon de variables significativas de Friedman

Una vez realizado el análisis Friedman, se tomó el grupo de variables que contaban con un valor de significancia menor a 0,05 para realizar un análisis de Wilcoxon entre dos variables, obteniendo tres posibles combinaciones de cada grupo (entre las variables con presencia de fuente de ruido predominante y con ausencia de ruido predominante). Para ello se toma en cuenta el valor de significancia (sig.), la hipótesis nula e hipótesis alterna. Se acepta la hipótesis nula cuando el valor de significancia es mayor a 0,05; para rechazar la hipótesis nula y aceptar la alterna, se tomará un valor menor a 0,05.

Hipótesis nula: las medianas de las variables relacionadas son diferentes.

Hipótesis alterna: las medianas de las variables relacionadas no son diferentes.

Tabla 14.

Análisis de Wilcoxon de variables significativas de Friedman.

	Z	%N			Sig.
		Rangos negativos (a)	Rangos positivos (b)	Neutral (c)	
P6_Heli_Escen2_Aeronaves (1) BY P6_Heli_Escen1_Aeronaves (2)	-3,083	61,5%	15,4%	23,1%	,002*
P6_Heli_Escen3_Aeronaves (1) BY P6_Heli_Escen1_Aeronaves (2)	-2,108	50,0%	15,4%	34,6%	,035
P6_Heli_Escen3_Aeronaves (1) BY P6_Heli_Escen2_Aeronaves (2)	-1,761	15,4%	46,2%	38,5%	,078
P12_Heli_Escen2_Agradable (1) BY P12_Heli_Escen1_Agradable (2)	-3,563	73,1%	7,7%	19,2%	,000*
P12_Heli_Escen3_Agradable (1) BY P12_Heli_Escen1_Agradable (2)	-2,997	65,4%	3,8%	30,8%	,003*

P12_Heli_Escen3_Agradable (1) BY P12_Heli_Escen2_Agradable (2)	-1,553	15,4%	38,5%	46,2%	,120
P13_Heli_Escen2_Caótico (1) BY P13_Heli_Escen1_Caótico (2)	-3,735	0,0%	69,2%	30,8%	,000*
P13_Heli_Escen3_Caótico (1) BY P13_Heli_Escen1_Caótico (2)	-1,426	30,8%	38,5%	30,8%	,154
P13_Heli_Escen3_Caótico (1) BY P13_Heli_Escen2_Caótico (2)	-3,424	65,4%	3,8%	30,8%	,001*
P15_Heli_Escen2_Pocos_sonidos (1) BY P15_Heli_Escen1_Pocos_sonidos (2)	-1,841	61,5%	11,5%	26,9%	,066
P15_Heli_Escen3_Pocos_sonidos (1) BY P15_Heli_Escen1_Pocos_sonidos (2)	-,594	42,3%	38,5%	19,2%	,553
P15_Heli_Escen3_Pocos_sonidos (1) BY P15_Heli_Escen2_Pocos_sonidos (2)	-1,948	7,7%	53,8%	38,5%	,051
P16_Heli_Escen2_Tranquilo (1) BY P16_Heli_Escen1_Tranquilo (2)	-3,642	65,4%	0,0%	34,6%	,000*
P16_Heli_Escen3_Tranquilo (1) BY P16_Heli_Escen1_Tranquilo (2)	-2,088	46,2%	19,2%	34,6%	,037
P16_Heli_Escen3_Tranquilo (1) BY P16_Heli_Escen2_Tranquilo (2)	-2,752	3,8%	50,0%	46,2%	,006
P17_Heli_Escen2_Irritante (1) BY P17_Heli_Escen1_Irritante (2)	-3,540	7,7%	69,2%	23,1%	,000*
P17_Heli_Escen3_Irritante (1) BY P17_Heli_Escen1_Irritante (2)	-2,007	23,1%	46,2%	30,8%	,045
P17_Heli_Escen3_Irritante (1) BY P17_Heli_Escen2_Irritante (2)	-2,923	65,4%	7,7%	26,9%	,003*
P18_Heli_Escen2_Muchos_Sonidos (1) BY P18_Heli_Escen1_Muchos_Sonidos (2)	-3,137	3,8%	57,7%	38,5%	,002*
P18_Escen5_Muchos_Sonidos (1) BY P18_Escen4_Muchos_Sonidos (2)	-,282	26,9%	46,2%	26,9%	,778
P18_Heli_Escen3_Muchos_Sonidos (1) BY P18_Heli_Escen2_Muchos_Sonidos (2)	-2,192	46,2%	11,5%	42,3%	,028
P18_Escen5_Muchos_Sonidos (1) BY P18_Escen4_Muchos_Sonidos (2)	-3,732	69,2%	0,0%	30,8%	,000*
P18_Escen6_Muchos_Sonidos (1) BY P18_Escen4_Muchos_Sonidos (2)	-1,998	42,3%	19,2%	38,5%	,046
P18_Escen6_Muchos_Sonidos (1) BY P18_Escen5_Muchos_Sonidos (2)	-2,250	7,7%	50,0%	42,3%	,024
P20_Heli_Escen2_Ambiente_Acústico (1) BY P20_Heli_Escen1_Ambiente_Acústico (2)	-1,477	30,8%	57,7%	11,5%	,140
P20_Heli_Escen3_Ambiente_Acústico (1) BYP20_Heli_Escen1_Ambiente_Acústico (2)	-4,019	11,5%	80,8%	7,7%	,000*

P20_Heli_Escen3_Ambiente_Acústico (1) BY P20_Heli_Escen2_Ambiente_Acústico (2)	-2927	3,8%	53,8%	42,3%	,003*
P20_Escen5_Ambiente_Acústico (1) BY P20_Escen4_Ambiente_Acústico (2)	-3,575	73,1%	11,5%	15,4%	,000*
P20_Escen6_Ambiente_Acústico (1) BY P20_Escen4_Ambiente_Acústico (2)	-2,000	57,7%	23,1%	19,2%	,045
P20_Escen6_Ambiente_Acústico (1) BY P20_Escen5_Ambiente_Acústico (2)	-3,273	3,8%	61,5%	34,6%	,001*
P21_Heli_Escen2_Entorno_Visual (1) BY P21_Heli_Escen1_Entorno_Visual (2)	-3,248	65,4%	3,8%	30,8%	,001*
P21_Heli_Escen3_Entorno_Visual (1) BY P21_Heli_Escen1_Entorno_Visual (2)	-1,332	53,8%	19,2%	26,9%	,183
P21_Heli_Escen3_Entorno_Visual (1) BY P21_Heli_Escen2_Entorno_Visual (2)	-2,944	15,4%	53,8%	30,8%	,003*
P22_Heli_Escen2_Parque (1) BY P22_Heli_Escen1_Parque (2)	-3,447	11,5%	76,9%	11,5%	,001*
P22_Heli_Escen3_Parque (1) BY P22_Heli_Escen1_Parque (2)	-1,709	46,2%	19,2%	34,6%	,087
P22_Heli_Escen3_Parque (1) BY P22_Heli_Escen2_Parque (2)	-4,257	88,5%	3,8%	7,7%	,000*

*. El valor de significancia es menor a 0,05

En cada fila aparecen dos variables y cada variable tiene un índice 1 y 2. %N es el porcentaje de número de personas que respondió a la variable (1) con un valor mayor, menor o igual a una variable (2). Los valores (a), (b) y (c) significan los siguiente:

- Porcentaje N de personas que ha dado un valor a la variable (1) < variable (2).
- Porcentaje N de personas que ha dado un valor a la variable (1) > variable (2).
- Porcentaje N de personas que ha dado un valor a la variable (1) = variable (2).

En la tabla 14, se pueden observar los resultados de la comparación de las distintas combinaciones entre los dos tipos de variables. De los tres primeros grupos conformados por la variable de fuente de ruido de aeronaves, se obtiene un valor de significancia menor a 0,05 en el primer grupo conformado por las variables (P6_Heli_Escen2_Aeronaves (1) BY P6_Heli_Escen1_Aeronaves (2)), rechazando la hipótesis nula y aceptando que existen diferencia entre las variables relacionadas. También se puede observar que el 61,5% de las respuestas fueron negativas, dando un valor inferior a la variable (1) con respecto

a la variable (2), indicando que la fuente de ruido de aeronaves causa más molestia en la variable (1) que en la variable (2) debido a que en este escenario la fuente de ruido se encuentra más cerca.

Por el contrario, en el grupo de las variables (P6_Heli_Escen3_Aeronaves (1) BY P6_Heli_Escen1_Aeronaves (2)), se obtuvo un 50% de respuestas negativas, dando un valor inferior a la variable (1) con respecto a la variable (2), indicando que la fuente de ruido de aeronaves causa más molestia en la variable (1) que en la variable (2), debido a que en el escenario 1 la fuente de ruido se encontraba en el proceso de encendido del motor. En el grupo de las variables (P6_Heli_Escen3_Aeronaves (1) BY P6_Heli_Escen2_Aeronaves (2)), se obtuvo un 46,2% de las respuestas fueron positivas, calificando de mejor manera a la variable (1) con respecto a la variable (2), indicando que las respuestas de las personas de la variable de fuente de ruido de aeronaves no son significativamente diferentes. Debido a que la variable (1) se encuentra a mayor distancia de la fuente de ruido. En ambos casos se obtuvo un valor de significancia mayor a 0,05 aceptando la hipótesis nula, por lo tanto, no existe diferencia entre estas variables. Este análisis se realizó para los valores de significancia menores a 0,05, que se pueden identificar mediante el superíndice (*) en la tabla 14.

5. Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Como se esperaba, en las mediciones realizadas en el escenario 2 el nivel de presión sonora es mayor que en el resto de los escenarios, ya que la distancia a la fuente de ruido es menor. Las distancias entre el escenario 1 y 3 con respecto a la fuente de ruido eran muy similares. Sin embargo, existe diferencia de niveles debido a que en el escenario 1 la fuente de ruido (helicóptero) se encontraba en proceso de encendido. En los escenarios sin fuente de ruido predominante no existe una diferencia de niveles considerable (aunque se producen ligeras variaciones producidas por el ruido del viento y de las personas), debido a que están actuando las mismas fuentes de ruido.

Se diseñó una encuesta capaz de cuantificar la percepción de las personas, abarcando las características de un paisaje sonoro. Mediante la categorización de fuentes sonoras se conocieron los sonidos que predominan en cada escenario según la percepción de los encuestado. De igual manera, se pudo calificar cada paisaje sonoro mediante descriptores (caótico, agradable, irritante, tranquilo, etc.). Por último, se pudo cuantificar la calidad sonora, visual y la frecuencia con la que se visitaría el parque mediante preguntas descriptivas.

Como resultado de los valores de los parámetros psico-acústicos se obtuvo en general que, los tres escenarios con fuente de ruido cuentan con valores más altos con respecto a los escenarios sin fuente de ruido. Cómo se observa en la tabla 6, el parámetro *loudness* es alto en los escenarios con fuente de ruido, ya que está relacionado con el nivel de la presión sonora. De igual manera, como se observa en la tabla 6, existe más relación de las variables con el parámetro *sharpness* que con el resto de los parámetros psico-acústicos. Por tanto, se concluye que las personas relacionan la percepción del ruido de los diferentes paisajes sonoros con la sensación de sonidos de alta frecuencia. Además, que, a mayor cantidad de altas frecuencias, menor es el grado de agradabilidad del

paisaje sonoro.

Como resultado del análisis de Wilcoxon que se observa en la tabla 12, se obtiene como resultado diferencias entre el escenario 1 y 3 con helicóptero. Esto se debe a que en el escenario 1 la fuente de ruido (helicóptero) se encontraba en proceso de encendido, mientras que en el escenario 3 la fuente de ruido se encontraba totalmente encendida por varios minutos. Ambos escenarios se encontraban a distancias semejantes con respecto a la fuente de ruido. Sin embargo, esto no afectó al nivel de presión sonora, ya que, en el escenario 3 se obtiene un nivel de presión sonora más alto con 61 dBA, mientras que el escenario 1 cuenta con un nivel de presión sonora de 52,5 dBA. Por último, como se esperaba, el escenario 2 fue percibido de peor manera por los participantes, debido al alto nivel de presión sonora (80,5 dBA). Causando una diferencia significativa de nivel de presión sonora entre los demás escenarios.

Szeremeta, & Zannin, (2009), estudian una fuente en específico como: las autopistas con gran afluencia de vehículos cerca de los cuatro parques estudiados, planteándose la hipótesis que la proximidad entre la fuente y los visitantes perjudica la calidad acústica, tomando en cuenta las normativas de ruido y de tipos de uso de suelo de la Prefectura del Municipio de Curitiba, donde el límite establecido es de 55 dBA para áreas verdes. De igual forma el Municipio de Quito establece un límite de 55 dB para el tipo de uso de suelo de equipamiento social al que pertenece el Parque Bicentenario. En este estudio se tomó como fuente principal el ruido del helicóptero, donde el promedio del nivel de presión sonora (NPS) de las tres mediciones con fuente de ruido sobrepasó el límite establecido con un valor de 80,5 dB. Cabe recalcar que el ruido que emite el helicóptero es por un tiempo máximo de 5 minutos en que se demora en encender y despegar, afectando de igual manera las actividades que realizan los visitantes alrededor de la zona del helipuerto.

Como conclusión, se puede afirmar que el ruido que genera el helipuerto afecta directamente a las personas que visitan el parque y la frecuencia con la que lo

visitarían, ya que el parque es un área verde urbana de recreación, relajación para el público en general. Mediante este estudio se puede observar que los encuestados valoran negativamente el ruido del helicóptero debido al alto nivel de presión sonora que produce en sus inmediaciones, generado así un entorno visual desagradable por el ruido del helicóptero más no por la visualización del parque.

5.2. Recomendaciones

Como se puede observar en los resultados el ruido generado por el helipuerto Aeroportual afecta a los visitantes del parque. Se recomienda presentar este tipo de estudios a la administración de parques y espacios verdes de Quito para concienciar a las autoridades sobre la afectación del ruido en esta zona del parque.

Se recomienda realizar un análisis similar para los demás helipuertos que se encuentran dentro del parque como: helipuerto de los Bomberos, de las Fuerzas Armadas y del Ejército del Ecuador. Debido a que los helicópteros utilizados por las instituciones mencionadas son de mayor capacidad, y, por lo tanto, cuentan con un motor más potente o son helicópteros que poseen dos motores (bimotor), generando un mayor nivel de presión sonora, afectando de mayor manera a las personas que concurren al Parque Bicentenario.

De igual forma se recomienda realizar estudios que, mediante propuestas de acústica urbana y realidad virtual, permitan mostrar a la administración de parques y espacios verdes de Quito, distintas soluciones que mejoren no solo el entorno sonoro sino también el entorno visual de la zona estudiada del Parque Bicentenario.

Se sugiere realizar una calibración correcta de los equipos, ya que de esto dependerán los niveles con los que serán reproducidos los audios de cada paisaje sonoro mediante realidad virtual, afectando directamente a la percepción de las personas encuestadas. El entorno acústico y virtual deben ser de buena calidad para lograr una buena inmersividad y obtener datos más reales sobre la percepción de las personas con respecto a la zona estudiada.

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. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.08.024>
- Axelsson, Ö., Nilsson, M. E., & Berglund, B. (2010). A principal components model of soundscape perception. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *128*(5), 2836–2846. doi:10.1121/1.3493436
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=0xWgPZbcz4AC&oi=fnd&pg=PR13&dq=virtual+reality+technology&ots=LDmulZM7r&sig=0fOrjaU0bdPltZmC1poOok4Uuc&redir_esc=y#v=onepage&q=virtual%20reality%20technology&f=false
- Cohen, P., Potchter, O., Schnell, I. (2014). The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel. *Environmental Pollution*. *195*, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.08.015>
- Coombes, E., Jones, A.P., Hillsdon, M. (2010). The relationship of physical activity and overweight to objectively measured greenspace accessibility and use. *Social Science & Medicine*. *70*, 816–822 <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2009.11.020>
- Dadvand, P., Bartoll, X., Basagaña, X., Dalmau-Bueno, A., Martinez, D., Ambros, A., Cirach, M., Triguero-Mas, M., Gascon, M., Borrell, C., Nieuwenhuijsen, M.J. (2016). Green spaces and general health: roles of mental health status, social support, and physical activity. *Environment International*, *91*, 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.029>
- Deavis, J. Adams, M. Bruce, N. Cain, R. Carlyle, A. Cusack, P. Hall, D. Hume, K. Irwin, A. Jennings, P. Marselle, M. Plack, C. Poxon, J. (2013). Perception of soundscape: An interdisciplinary approach. *Applied*

Acoustics, 74, 224-231.
<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2012.05.010>

- Ding, L., Van Renterghem, T., & Botteldooren, D. (2011). Estimating the effect of semitransparent low-height road traffic noise barriers with ultra weak variational formulation. *Acta Acustica United with Acustica*, 97, 391–402. <http://dx.doi.org/10.3813/AAA.918420>.
- Echevarria Sanchez, G. M., 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. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.05.018>
- Guski, R., Felscher-Suhr, U., & Schuemer, R. (1999). The concept of noise annoyance: How international experts see it. *Journal of Sound and Vibration*, 223(4), 513–527. <http://doi:10.1006/jsvi.1998.2173>
- 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. <https://doi:10.1016/j.apacoust.2018.10.011>
- Jim, C. Y., & Chen, W. Y. (2006). Recreation–amenity use and contingent valuation of urban greenspaces in Guangzhou, China. *Landscape and urban planning*, 75(1-2), 81-96. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.008>
- Mihelj, M., & Podobnik, J. (2012). Haptics for virtual reality and teleoperation (Vol. 67). Springer Science & Business Media. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=FxrwiKu2DAkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Haptics+for+virtual+reality+and+teleoperation&ots=nBmIunT4sc&sig=JmDQVZeOSW1nzu0tVv2q_iQjqM&redir_esc=y#v=onepage&q=Haptics%20for%20virtual%20reality%20and%20teleoperation&f=false

- Peters, K., Elands, B., & Buijs, A. (2010). Social interactions in urban parks: Stimulating social cohesion. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(2), 93–100. <https://doi:10.1016/j.ufug.2009.11.003>
- Pulkki, V. (2018). Parametric time-frequency domain spatial audio. S. Delikaris-Manias, & A. Politis (Eds.). John Wiley & Sons, Incorporated. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=4U03DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&ots=2K6C7scFZv&sig=obp8EgzJZCTsZwwVshAqPPYIqPM&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Puyana-Romero, V., Lopez-Segura, L. S., Maffei, L., Hernández-Molina, R., & Masullo, M. (2017). Interactive soundscapes: 360°-video based immersive virtual reality in a tool for the participatory acoustic environment evaluation of urban areas. *Acta Acustica united with Acustica*, 103(4), 574-588. <https://doi.org/10.3813/AAA.919086>
- Restrepo B, Luis F, & González L, Julián. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 183-192. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000200010&lng=en&tlng=es.
- Rey Gozalo, G., Barrigón Morillas, J. M., Montes González, D., & Atanasio Moraga, P. (2018). Relationships among satisfaction, noise perception, and use of urban green spaces. *Science of The Total Environment*, 624, 438–450. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.148>
- Rumsey, F. (2001). *Spatial audio*. Taylor & Francis. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=xj5AIGmS-RcC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Spatial+audio&ots=iHId2Zlu6G&sig=NfgaEVCyfp2UDtpn0b3btuU2P0c&redir_esc=y#v=onepage&q=Spatial%20audio&f=false
- Sander, H.A., (2015). Assessing impacts on urban greenspace, waterways, and vegetation in urban planning. *Journal of Environmental Planning and Management* 59, 461–479. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1017041>

- Scopelliti, M., Carrus, G., Adinolfi, C., Suarez, G., Colangelo, G., Laforteza, R., Panno, A., Sanesi, G., 2016. Staying in touch with nature and well-being in different income groups: the experience of urban parks in Bogotá. *Landscape and Urban Planning*. 148, 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.002>
- Segura, J. Cerdá, S. Montell, R. Romero, J. Cibrián, R. Barba, A. & Gimenez, A. (2012). Los parámetros psicoacústicos como herramienta para la evaluación subjetiva de diferentes entornos y actividades. *VIII Congreso Ibero-Americano de Acústica*, (43), 1-9
- Szeremeta, B., & Zannin, P. H. T. (2009). Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. *Science of the total environment*, 407(24), 6143-6149.
- Truax, B. (1978). Manual para la ecología acústica, publicado originalmente por el Proyecto Paisaje Sonoro Mundial. Simon Fraser University.
- Van Kempen E, Devilee J, Swart W, Van Kamp I. (2014). Characterizing urban areas with good sound quality: Development of a research protocol. *Noise Health*, 16:380-7. <http://www.noiseandhealth.org/text.asp?2014/16/73/380/144416>
- Yang, M., & Kang, J. (2013). Psychoacoustical evaluation of natural and urban sounds in soundscapes. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), 840–851. <https://doi:10.1121/1.4807800>

ANEXOS

Anexo 1

Equipos de medición



Anexo 2

Encuesta

1.- Género

Femenino

Masculino

2.- Rango de edad

10-15 16-25 26-35 36-45 46-55 56 en adelante

3.- ¿Ha sentido algunos de los siguientes síntomas mencionados asociados al ruido?

Estrés

Dolor de cabeza

Desconcentración

Pérdida de audición

Irritabilidad

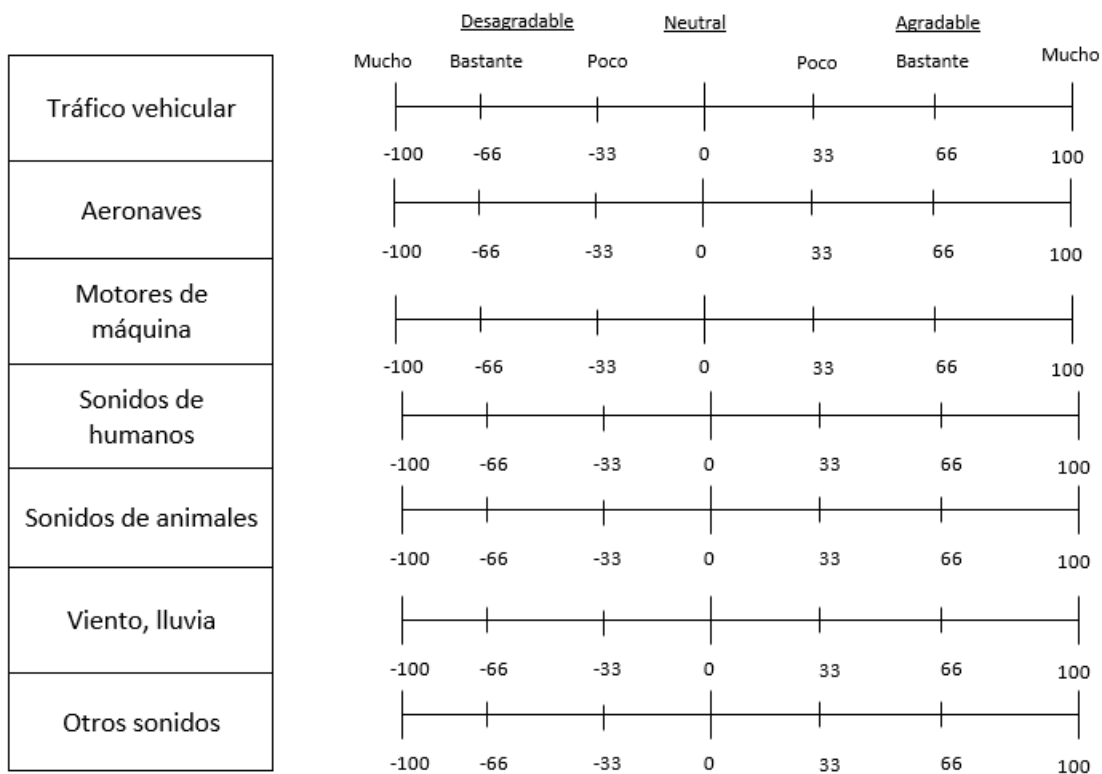
Perturbación en el sueño

4.- ¿Ha tenido problemas relacionados con la audición?

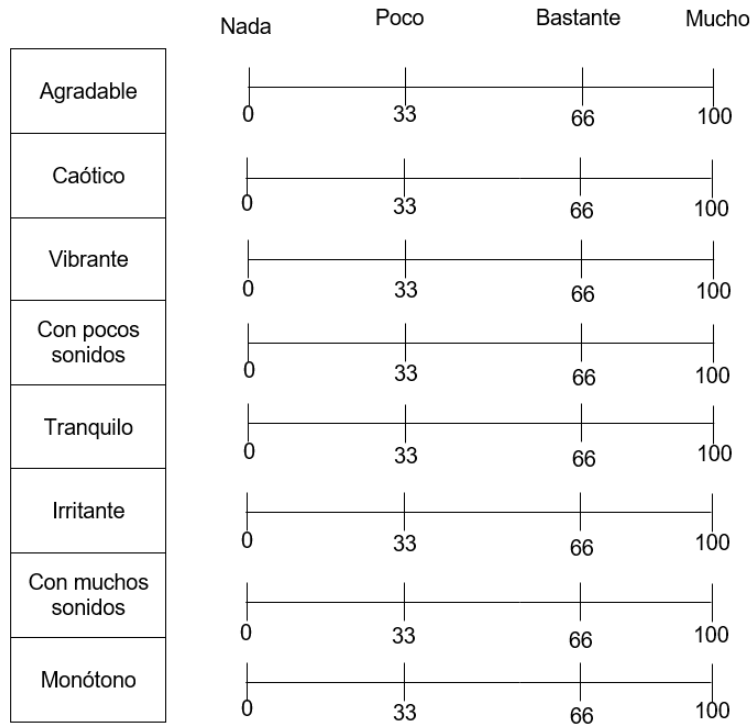
Si

No

5.- De las siguientes fuentes sonoras que haya podido oír, indique como de agradables o desagradables le han resultado, siendo 100 muy agradable, y -100 muy desagradable.



6.- ¿En qué medida está de acuerdo con los 8 siguientes factores que describen el ambiente acústico? Indique en una escala del 0 al 100, siendo 0 Nada de acuerdo, y 100 muy de acuerdo



7.- De manera general, ¿cómo describiría la calidad del presente entorno visual? Indíquelo en una escala del -100 al 100, siendo -100 Muy mala y 100 Muy buena.



8.- ¿Hasta qué punto el ambiente acústico es apropiado para este lugar, siendo 0 Para nada apropiado, ¿y 100 Completamente apropiado?



9.- Si las condiciones fueran como las de este escenario, con qué frecuencia visitaría el parque, siendo 0 Nunca, y 100 Con mucha frecuencia.



Anexo 3

Calibración de audios

