

RAE

- 1. TIPO DE DOCUMENTO:** Trabajo de Grado para optar por el Título de INGENIEROS DE SONIDO.
- 2. TÍTULO:** ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN Y LAS PREFERENCIAS SUBJETIVAS GENERADAS POR LA MÚSICA ANDINA COLOMBIANA
- 3. AUTOR(ES):** LUIS DAVID CASTILLO LIMA Y SANTIAGO ROMÁN CENDALES GÓMEZ
- 4. LUGAR:** Bogotá D.C
- 5. FECHA:** 04 de Septiembre de 2017
- 6. PALABRAS CLAVES:** Música Andina Colombiana, Ritmo bambuco, Autocorrelación, r-ACF, Análisis estadístico descriptivo, Pares comparativos, Preferencias Subjetivas.
- 7. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:** El Presente proyecto pretende evaluar la relación entre los parámetros de la ACF y las preferencias subjetivas del oyente en música andina colombiana; a partir de las sensaciones temporales y preferencias que son evaluadas por un programa de cálculo de running ACF y utilizando el método estadístico propuesto por León Thurstone, psicólogo experto en medición de la preferencia a los estímulos organizados mediante el método de pares comparativos.
- 8. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Línea de investigación de la USB: Tecnologías actuales y sociedad. Sub línea de facultad de Ingeniería: Análisis y Procesamiento de señales. Núcleo problemático: Psicoacústica y Procesamiento digital de señales.
- 9. METODOLOGÍA:** Es de carácter cuantitativo, basado en seis partituras musicales y en datos obtenidos de la evaluación de ACF en música andina colombiana, las partituras musicales permiten realizar un test de preferencia subjetiva sobre una población determinada, logrando así tener unos datos los cuales permitan evaluar la relación entre la ACF y las preferencias subjetivas.
- 10. CONCLUSIONES:** Se encontró una relación directa entre los parámetros τ_e y φ_1 de la r-ACF y la preferencia subjetiva sobre una población específica. τ_e representa la duración efectiva de la ACF y confirma que es influyente en la preferencia de un oyente, siendo un descriptor de que tan rápida o lenta puede ser una obra musical. También es evidente la relación entre el parámetro φ_1 y la preferencia subjetiva, este parámetro representa la intensidad de tono percibida y llega a determinar atributos como peridiocidad tonal en música andina colombiana.

**ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN
DE AUTOCORRELACIÓN Y LAS PREFERENCIAS SUBJETIVAS
GENERADAS POR LA MÚSICA ANDINA COLOMBIANA**

**LUIS DAVID CASTILLO LIMA
SANTIAGO ROMÁN CENDALES GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTÁ
2017**

**ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN
DE AUTOCORRELACIÓN Y LAS PREFERENCIAS SUBJETIVAS
GENERADAS POR LA MÚSICA ANDINA COLOMBIANA**

**LUIS DAVID CASTILLO LIMA
SANTIAGO ROMÁN CENDALES GÓMEZ**

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero de Sonido

Director: Ing. Raúl Enrique Rincón Flórez

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SONIDO
BOGOTÁ D.C.
2017**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, D.C. 4 de Septiembre de 2017

AGRADECIMIENTOS

Los realizadores de este trabajo agradecemos:

Al ingeniero **Raúl Enrique Rincón Flórez** por dirigir este proyecto de grado ya que fue quien aceptó dirigirnos, con su inmenso conocimiento, experiencia y liderazgo hacer que este proyecto saliera adelante, su constante acompañamiento nos permitió tener siempre las mejores opciones, brindado contactos de importantes universidades de Colombia que a lo largo de su gran trayectoria consiguió para beneficio de este proyecto.

Al ingeniero **Luis Fernando Hermida Cadena**, quién propuso la idea original de todo el proyecto. Por brindarnos incondicionalmente toda su experiencia e inmenso conocimiento y ser clave fundamental del desarrollo de esta investigación para la facultad de Ingeniería de sonido de la Universidad de San Buenaventura.

Al coordinador de estudios musicales de la Universidad Central **Diego Alfonso Sánchez Mora y su secretaria** por permitirnos realizar las encuestas de preferencia subjetiva con los estudiantes de estudios musicales, brindando espacio en sus instalaciones y siempre la mejor actitud con el desarrollo de este proyecto de grado.

A **Carlos Andrés Gantiva Díaz** por asesorarnos y brindarnos su amplio conocimiento en los temas de emociones, preferencias subjetivas, muestra poblacional y pruebas subjetivas para el correcto desarrollo del mismo.

A **nuestros compañeros** que nos acompañaron en el camino, y brindaron su apoyo en momentos difíciles. A la unidad de Laboratorios de Ingeniería de sonido de la Universidad San Buenaventura, por estar siempre dispuestos a brindarnos todas las herramientas y apoyo necesario.

Y finalmente el motor más importante a **nuestros familiares**, quienes nos apoyaron siempre hacer las cosas bien de manera correcta, brindando su apoyo y amor incondicional para día a día ser mejores personas y culminar esta etapa de pregrado.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

| | |
|---|-----------|
| TABLA DE CONTENIDO..... | VI |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS | IX |
| RESUMEN..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.1. ANTECEDENTES..... | 3 |
| 1.1.1. Antecedentes internacionales..... | 3 |
| 1.1.2. Antecedentes nacionales..... | 6 |
| 1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 7 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN | 9 |
| 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 10 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 10 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 10 |
| 1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO | 10 |
| 1.5.1 Alcances..... | 10 |
| 1.5.2 Limitaciones..... | 11 |
| 2. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL | 12 |
| 2.1. ESTÍMULOS | 12 |
| 2.2. EMOCIÓN | 13 |
| 2.3. PERCEPCIÓN | 13 |
| 2.4. AUDICIÓN Y PERCEPCIÓN AUDITIVA | 13 |
| 2.5. PSICOACÚSTICA | 14 |
| 2.6. LEY DE JUICIO COMPARATIVO..... | 14 |
| 2.7. FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN (ACF)..... | 16 |
| 2.8. PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN (ACF) | 19 |
| 2.9. R-ACF (RUNNING AUTOCORRELATION FUNCTION)..... | 20 |
| 2.10. COORELACIÓN | 21 |
| 2.11. MÚSICA ANDINA COLOMBIANA..... | 23 |
| 2.12. INSTRUMENTACIÓN DE LA MÚSICA ANDINA COLOMBIANA | 24 |
| 2.13. AIRE RÍTMICO BAMBUCO..... | 26 |
| 3. METODOLOGÍA | 28 |
| 3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN | 28 |
| 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 28 |
| 3.3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN USB / SUB-LÍNEA DE FACULTAD | 28 |
| 3.3.1. Línea de investigación | 28 |
| 3.3.2. Línea de investigación de facultad | 29 |
| 3.3.3. Núcleos Problémicos..... | 29 |
| 3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 29 |
| 3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA | 30 |
| 3.6. HIPÓTESIS..... | 30 |
| 3.7. VARIABLES | 31 |
| 3.7.1. Variables independientes..... | 31 |
| 3.7.2. Variables dependientes..... | 31 |
| 3.8. ENCUESTA DE PREFERENCIA SUBJETIVA..... | 31 |
| 3.8.1. Metodología de la encuesta | 32 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.8.2. | Formato de la encuesta..... | 34 |
| 3.9. | SOFTWARE | 36 |
| 3.9.1. | Easera 1.0..... | 36 |
| 3.9.2. | Pro Tools 10..... | 37 |
| 3.9.3. | Izotope RX6 Standard..... | 38 |
| 3.9.4. | DSSF3 (YMEC)..... | 38 |
| 3.9.5. | Python 3.65 | 39 |
| 3.9.6. | IBM SPSS Statistics | 40 |
| 3.9.7. | Muestras De Música Andina Colombiana | 40 |
| 4. | DESARROLLO INGENIERIL..... | 42 |
| 4.1. | DESCRIPCIÓN DE SEIS PARTITURAS DE MÚSICA ANDINA COLOMBIANA CON RITMO BAMBUCO. | 42 |
| 4.1.1. | Selección de obras musicales andinas colombianas y formato musical..... | 43 |
| 4.1.2. | Partituras musicales de las obras seleccionadas..... | 44 |
| 4.2. | EDICIÓN, MEZCLA Y FRAGMENTACIÓN DE LAS OBRAS SELECCIONADAS | 45 |
| 4.2.1. | Proceso de edición, fragmentación y uso de Fundido de entrada/Salida..... | 45 |
| 4.2.2. | Proceso de Mezcla..... | 50 |
| 4.3. | MEDICIÓN DE AUDÍFONOS BEYERDINAMIC “DT100” Y SHURE “SRH 440” | 51 |
| 4.3.1. | Levantamiento arquitectónico | 51 |
| 4.3.2. | Instrumental de medición | 52 |
| 4.3.3. | Metodología de medición | 52 |
| 4.4. | COMPARACIÓN DE AUDÍFONOS PARA LAS PRUEBAS SUBJETIVAS. | 56 |
| 4.5. | SELECCIÓN DE AUDÍFONOS PARA LAS PRUEBAS SUBJETIVAS | 58 |
| 5. | PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 59 |
| 5.1. | DATOS DE LAS ENCUESTAS DE PREFERENCIA REALIZADAS. | 59 |
| 5.1.1 | Aplicación de la ley de juicio comparativo (escalamiento de Thurstone). | 59 |
| 5.2. | VALORES ESTADÍSTICOS OBTENIDOS DE LA FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN CONTINUA PARA CADA MUESTRA MUSICAL DE BAMBUCO. | 63 |
| 5.2.1. | Parámetros iniciales del programa r-ACF..... | 63 |
| 5.2.2. | Estadística descriptiva | 68 |
| 5.3. | CORRELACIONES | 69 |
| | CONCLUSIONES | 76 |
| | RECOMENDACIONES | 77 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 78 |
| | GLOSARIO | 80 |
| | ANEXOS..... | 82 |
| | ANEXO A. PARTITURAS DE LAS 6 OBRAS SELECCIONADAS..... | 82 |
| | ANEXO B. TEST DE PREFERENCIA REALIZADO PARA EVALUAR LA PREFERENCIA SUBJETIVA DEL RITMO BAMBUCO EN LA MÚSICA ANDINA COLOMBIANA. | 88 |
| | ANEXO C. ESCALA SUBJETIVA UNIDIMENSIONAL DE PREFERENCIA EN LAS 6 MUESTRAS MUSICALES DE MÚSICA ANDINA COLOMBIANA MEDIANTE EL METODO DE THURSTONE..... | 90 |
| | ANEXO D. TABLAS DE ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LOS PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN CON PONDERACIÓN A Y FLAT..... | 91 |
| | ANEXO E. TABLAS DE COEFICIENTES DE CORRELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LA R-ACF Y LA ESCALA DE PREFERENCIA SUBJETIVA | 97 |
| | ANEXO F. TABLAS DE DISTRIBUCIONES ESTÁNDAR NORMALIZADAS Z..... | 101 |
| | ANEXO G. CAD LIVE ROOM 5.1 DE LA UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA SEDE BOGOTÁ. | 103 |
| | ANEXO H. GRÁFICAS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA DE LOS AUDÍFONOS COMPARADOS. | 106 |

| | |
|---|-----|
| ANEXO I. TIEMPO DE ESTIMACIÓN DE LAS PRUEBAS DE PREFERENCIAS SUBJETIVA EN RITMO BAMBUCO COLOMBIANO..... | 107 |
| ANEXO J. RESULTADOS DE LOS PARES COMPARATIVOS APLICADOS A LOS ENCUESTADOS DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE COLOMBIA. | 108 |
| ANEXO K. MEDICIÓN DE RUIDO DE FONDO PARA LAS PRUEBAS SUBJETIVAS. | 109 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Representación esquemática del Estímulo sonoro. | 12 |
| Figura 2. Representación gráfica de la escala de Thurstone..... | 16 |
| Figura 3. Función de autocorrelacion de una función sinusoidal con una frecuencia de 440 Hz. | 18 |
| Figura 4. Función de autocorrelación de un ruido rosa. | 18 |
| Figura 5. Gráfica de una señal mostrando los parámetros de la r-ACF..... | 20 |
| Figura 6. Determinación de la duración efectiva τ_e de la función de autocorrelación ACF..... | 21 |
| Figura 7. Gráfica de Dispersión para interpretar las coorelaciones de Pearson y Spearman..... | 23 |
| Figura 8. Guitarra..... | 24 |
| Figura 9. Tiple..... | 25 |
| Figura 10. Bandola..... | 26 |
| Figura 11. Agrupación de armadura de compás del bambuco..... | 27 |
| Figura 12. Ventana 1 del test de preferencia (Edad)..... | 34 |
| Figura 13. Ventana 2 del test de preferencia (Inicio)..... | 35 |
| Figura 14. Ventana 3 del test preferencia (Escucha de muestras) | 35 |
| Figura 15. Ventana 4 del test de preferencia (Exporta a Excel) | 36 |
| Figura 16. Diagrama de las tres secciones del software DSSF3..... | 39 |
| Figura 17. Obras musicales seleccionadas completas..... | 45 |
| Figura 18. “ <i>Esther</i> ” en el plug-in de Izotope..... | 46 |
| Figura 19. Implementación del modulo De-noise para la obra musical “ <i>Esther</i> ”. | 46 |
| Figura 20. Spectral en modo manual para la corrección de ruido. | 47 |
| Figura 21. Visualización de la corrección de ruido con los parámetros de la figura 15..... | 47 |
| Figura 22. Obra musicales fragmentadas..... | 48 |
| Figura 23. Implementación de Fundido para las muestras musicales..... | 49 |
| Figura 24. Proceso de edición finalizado..... | 50 |
| Figura 25. Ventana de calibración del software EASERA..... | 53 |
| Figura 26. Diagrama de medición de respuesta en frecuencia en audífonos Beyerdynamic DT100 $Z=16 \Omega$ | 54 |
| Figura 27. Vista Frontal de la cabeza binaural Córtes MK2-B con los audífonos Beyerdynamic DT100..... | 54 |
| Figura 28. Vista Frontal del Torso completo para la respectiva medición de respuesta en frecuencia. | 55 |
| Figura 29. Vista Frontal de la cabeza binaural Córtes MK2-B con los audífonos Shure SRH440..... | 55 |
| Figura 30. Conexión para la medición de respuesta en frecuencia..... | 56 |
| Figura 31. Respuesta en frecuencia generado por el software EASERA de los audífonos Beyerdynamic DT100 $Z= 16\Omega$ | 57 |

| | |
|--|----|
| Figura 32. Respuesta en frecuencia generado por el software EASERA de los audifonos Shure SRH 440 Z= 44Ω..... | 57 |
| Figura 33. Resultados de escalamiento correspondientes a las 6 muestras musicales seleccionados del bambuco Colombiano..... | 62 |
| Figura 34. Ventana del Realtime Analyzer (RA) usando el módulo de “Running ACF”..... | 63 |
| Figura 35. Ventana del “Running ACF” en donde se visualiza lo grabado en tiempo real o lo cargado en un archivo (.WAV)..... | 64 |
| Figura 36. Parámetros iniciales para el análisis de la muestra A del programa r-ACF..... | 65 |
| Figura 37. Condiciones iniciales de la muestra A cargada en “running ACF”..... | 66 |
| Figura 38. Arranque del módulo SoundAnalyzer (SA) dentro del (RA)..... | 67 |
| Figura 39. Ventana con el análisis de r-ACF respectivo de la muestra A..... | 67 |
| Figura 40. Ventana con el análisis de r-ACF respectivo de la muestra A..... | 69 |
| Figura 41. Correlación de Pearson entre la moda de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A)..... | 70 |
| Figura 42. Correlación de Pearson entre la media de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A)..... | 71 |
| Figura 43. Correlación de Pearson entre la diferencia de percentiles y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A)..... | 72 |
| Figura 44. Correlacion de spearman entre el rango de Phi-1 y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A)..... | 73 |
| Figura 45. Correlación de Pearson entre la mediana de Tau-e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación Flat)..... | 74 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Resumen de sensación temporal y preferencia para la función de autocorrelación (ACF)..... | 17 |
| Tabla 2. Técnicas de recolección de información..... | 29 |
| Tabla 3. Combinaciones entre las seis muestras y los 15 pares comparativos..... | 32 |
| Tabla 4. Pares comparativos aleatorios controlados para la prueba de preferencia subjetiva..... | 33 |
| Tabla 5. Duración de las obras musicales después de la fragmentación..... | 48 |
| Tabla 6. Matriz de frecuencia observada de los datos de 6 muestras musicales seleccionados de bambuco Colombiano..... | 60 |
| Tabla 7. Matriz de frecuencia observada ordenada de los datos de 6 muestras musicales seleccionados de bambuco Colombiano..... | 60 |
| Tabla 8. Matriz de proporciones ordenada de los datos de 6 muestras musicales seleccionados del bambuco Colombiano..... | 61 |
| Tabla 9. Matriz de puntuaciones normalizadas de los datos de 6 muestras musicales seleccionados del bambuco Colombiano..... | 61 |
| Tabla 10. Valor escalar promedio ajustado de los datos de 6 muestras musicales seleccionados del bambuco Colombiano..... | 62 |
| Tabla 11. Datos estadísticos con correlación calculados de la r-ACF en Ponderación A..... | 69 |
| Tabla 12. Datos estadísticos con correlación calculados de la r-ACF en Ponderación FLAT..... | 69 |

| | |
|---|----|
| Tabla 13. Coeficiente de correlación de Pearson entre la moda en Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A)..... | 70 |
| Tabla 14. Coeficiente de correlación de Pearson entre la media de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A)..... | 71 |
| Tabla 15. Coeficiente de correlación entre la diferencia de percentiles (L10-L90) de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A). | 72 |
| Tabla 16. Coeficiente de correlación de Spearman entre el rango de Phi_1 y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A)..... | 73 |
| Tabla 17. Coeficiente de correlación entre la mediana de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación FLAT). | 74 |
| Tabla 18. Tabla de resumen de las correlaciones presentadas..... | 75 |

RESUMEN

Mediante este proyecto se evaluó la relación entre los parámetros de la función de autocorrelación y las preferencias subjetivas del oyente en ritmo bambuco de música andina colombiana; las preferencias de los 30 sujetos encuestados son evaluadas mediante un programa realizado en Python y utilizando el método estadístico propuesto por León Thurstone, psicólogo experto en medición de preferencia a estímulos organizados, mediante la ley de juicio comparativo.

Cuando se obtuvo la escala de preferencia subjetiva a través del método mencionado anteriormente, fue necesario implementar el software DSSF3 para encontrar cuatro variables ($\varphi_0, \varphi_1, t_1, t_e$) de la función de autocorrelación en las seis muestras musicales con dos tipos de ponderación. A partir de la obtención de estas variables se procedió a analizar los datos usando estadística descriptiva.

Finalmente, con los datos arrojados por las evaluaciones subjetivas mediante el método de Thurstone y los datos de la función de autocorrelación analizados con estadística descriptiva, se correlacionan los datos por medio del software SPSS Statistics. Estas correlaciones se desarrollaron con el ánimo de predecir mediante función de autocorrelación la preferencia musical en obras musicales de ritmo bambuco de música andina colombiana.

Para el desarrollo del mismo, se incursionó en áreas como Procesamiento Digital de Señales, Programación digital, Estadística y Psicoacústica.

Palabras Claves: Música Andina Colombiana, Ritmo bambuco, Función de Autocorrelación, r-ACF, Análisis estadístico descriptivo, Pares comparativos, Preferencias Subjetivas.

INTRODUCCIÓN

La música y el cerebro siempre han tenido una fuerte relación según Daniel Levitin, el cerebro nos dice, analiza por separado los aspectos fundamentales del sonido extrayendo información de cada uno de ellos (timbre, tono, ubicación temporal y espacial, intensidad, duración), lo que se denomina procesamiento de bajo nivel; estos datos son interpretados por las regiones superiores del córtex para obtener una información con forma y contenido, en un procesamiento llamado de alto nivel. Además, asegura que uno de los mayores atractivos de preferencia subjetiva en las grabaciones musicales consiste en la explotación de ilusiones auditivas, como la reverberación, los retardos temporales en las señales y los efectos especiales que juegan con nuestros hábitos perceptivos. (Levitin, 2008). Mencionado lo anterior, surge el problema de asociar la preferencia musical de un oyente a un modelo común, con el fin de establecer parámetros universales que permitan describir de forma cuantitativa la respuesta del sistema auditivo humano ante un estímulo musical. En Colombia actualmente existen investigaciones en las cuáles se evalúa las preferencias subjetivas de las personas con música colombiana en salas de concierto usando factores temporales obtenidos de la función de autocorrelación (ACF) y factores espaciales extraídos de la correlación interaural cruzada (IACF), pero este tipo de investigaciones están enfocadas a mejorar la acústica de un recinto con el fin de mejorar la experiencia del oyente. Al día de hoy, no se encuentran estudios en los cuales se determine la preferencia subjetiva de una persona directamente sobre una obra musical de ritmos autóctonos colombianos. Es por eso que esta investigación pretende evaluar la relación entre preferencia subjetiva y los parámetros de la ACF en música andina colombiana, con el fin de predecir cuáles son los parámetros que influyen en la percepción subjetiva de un oyente en bambuco. Se abrirán puertas a estudios con diferentes ritmos de manera que sea posible predecir la respuesta del cerebro ante un estímulo musical.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes internacionales

- **Crossley Tavera, J. (2012). Predictor de canciones de éxito (Tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, España.**

Este proyecto de fin de carrera de la universidad Carlos II de Madrid explica un método de predicción de canciones de éxito basado en el post-procesado de señal de audio y algoritmos de regresión. Con diferentes géneros diseñaron un predictor con un porcentaje de error relativamente bajo el resultado de este es decir cuando una canción será un éxito y en qué grado. A lo largo del estudio evalúan diferentes modelos lineales para analizar las variables propuestas para el software. Su importancia para el proyecto se centra en la evaluación de parámetros musicales y determinan que en el pop el tempo, speechiness, key, duration y danceability son las que definen el éxito en una canción.

- **Sacks, O. (2007). Musicofilia – Tales of Music and the Brain. New York: Library of Congress Cataloging in Publication Data. 1st ed.**

En el Capítulo 11: “Viviendo en estéreo: Por qué tenemos dos oídos” mencionan el señor Daniel Levitin y cita lo siguiente « percibimos múltiples atributos o “dimensiones” ». Entre éstas incluye el tono, la afinación, el timbre, el volumen, el tempo, el ritmo y el contorno (la forma global, las subidas y bajadas de la melodía). En definitiva, Sacks brinda una panorámica de las complejas relaciones entre la música y el cerebro, sea con casos clínicos, anécdotas de músicos profesionales o de ejemplos en la vida cotidiana todo esto con el fin de valorar y demostrar que existe una relación entre el cerebro y la música y de ahí esa “musicofilia”.

- **Levitin, D. (2008). Tu cerebro y la música – El estudio científico de una obsesión humana. España: RBA Libros.**

Este libro nos permite entender características de la música que son fundamentales en el cerebro (timbre, tono, ubicación temporal y espacial, intensidad, duración) lo que se denomina procesamiento de bajo nivel. Para el autor existe una clara relación entre el cerebro y la música, no sólo por los movimientos del cuerpo que está implica (reales o imaginarios), sino también en su dimensión rítmica. Levitin habla de las preferencias musicales, cuándo y cómo se crean además de cuál es su explicación neuronal. A lo largo de este trabajo de investigación se destaca una cita del neurocientífico Daniel Levitin citando que las ilusiones auditivas son preferidas por el cerebro en grabaciones musicales.

- **Sato, S. (2014). MATLAB program for calculating the parameters of the autocorrelation and interaural cross-correlation functions based on Ando's auditory-brain model. Los Angeles, USA: AES Paper.**

El artículo describe un programa en el software de programación “Matlab” con una interfaz gráfica (Guide) que permite calcular los parámetros de la autocorrelación basadas en el modelo auditivo - cerebral propuesto por Y. Ando (1998). Este puede describir los diversos atributos subjetivos tales como tono, timbre e impresión espacial. Este artículo de revista se hace importante en nuestra investigación debido a la necesidad de implementar un software de ACF, con el fin de evaluar cada uno de los seis estímulos musicales.

- **Sabater, A. (2015). Estudio de la relación entre las emociones generadas por la música y parámetros de la función de autocorrelación continua. Argentina: Universidad Nacional Tres de Febrero.**

El trabajo demuestra que existe relación entre las emociones generadas por la música a través de la escucha y los parámetros de la función de autocorrelación continua (r-ACF).

A partir de pruebas subjetivas y utilizando cuatro estímulos, se evaluaron emociones de (felicidad, miedo, tristeza y calma). Finalmente se obtuvo un valor de escala subjetivo de cada emoción y se correlacionó con los parámetros estadísticos a través de la correlación de Pearson. Los resultados fueron satisfactorios y mostraron una relación significativa entre las emociones generadas por la música y los parámetros de r-ACF. El autor recomienda analizar estadísticamente otro tipo de correlaciones para encontrar más relaciones entre los parámetros de la r-ACF y las emociones generadas por la música.

- **Ando, Y. (2009). Auditory and Visual Sensations. Hiyodoridai - Japón: Kobe University.**

Este libro escrito por Yoichi Ando es nuestra referencia más importante para el desarrollo de esta investigación, ya que expone la temática de la función de autocorrelación y función de autocorrelación continua a partir de una perspectiva netamente ingenieril, partiendo de fórmulas, diagramas, definiciones, procesamiento y análisis de señales y preferencias subjetivas, tomando como base la función de autocorrelación cuyos parámetros son descritos en la (Tabla 1). Allí se describen las sensaciones temporales y preferencia de la ACF con su variable, su significado y su locación en el cerebro. Algo fundamental a la hora de desarrollar el segundo objetivo y relacionar estos parámetros con las preferencias subjetivas generadas por la música andina colombiana.

El libro de Ando es de suma importancia para el proyecto pues permitió profundizar los conocimientos de la función de autocorrelación, sus parámetros, como funciona, y de qué forma puede ser importante para que se relacione con aspectos del cerebro como se trabajaron en otros trabajos de investigación.

Recordemos que este mismo autor, realizó un programa el cual permite calcular los parámetros de la función de autocorrelación en una interfaz gráfica del software de Matlab, además de numerosas investigación con la ACF y la IACF.

1.1.2. Antecedentes nacionales

- **García, M. (2014). Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales. Colombia, Bogotá: Programa de Estímulos 2014, Premio Nacional en Investigación Musical.**

La investigación es un material didáctico que explica el funcionamiento de los elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales a partir de un estudio de análisis musical sobre las obras del compositor Vallecaucano Álvaro Romero Sánchez. Allí aplican un sistema de análisis práctico a doce obras compuestas y grabadas por el propio compositor, que por primera vez se publican partituras y acompañan sus grabaciones.

El estudio es netamente musical, las interpreta el Trío Morales Pino y hace asequible toda la información de la música andina colombiana partiendo de dos ritmos destacados los cuales son el pasillo y el bambuco. El análisis de cada obra se realiza de cuatro formas (Forma, melódico, armónico y acompañamiento) en donde establecen estructuras, patrones y comportamientos en las 12 obras del compositor Romero Sánchez.

La importancia de este antecedente para el proyecto se centra en la selección de las 6 obras musicales de ritmo bambuco y la accesibilidad de tener las grabaciones completas de estas, con el fin de realizar el tema de pruebas subjetivas y analizar mediante la r-ACF estas 6 muestras musicales.

- **Rey, D., Gil, Lizette. (2013). Valoración subjetiva de las preferencias acústico-musicales del bambuco y pasillo colombiano.**

El proyecto determina los parámetros acústicos propios de una sala para conciertos, estos se relacionan con las características musicales del bambuco y pasillo colombiano tales como (timbre, sonoridad, brillo, etc.), y de acuerdo a las preferencias subjetivas realizadas se definieron valores de estos según el agrado musical de la población encuestada. En estas pruebas subjetivas se implementó el método estadístico propuesto por León

Thurstone el cual es psicólogo experto en medición de la preferencia a los estímulos organizados mediante el método de pares comparativos.

Finalmente se determina que aspectos como: Tiempo de reverberación, sonoridad Gmid, nivel de sonoridad promedio, claridad musical, calidez, brillo, intimidad y campo directo, determinan una clara relación con el agrado musical de la gente.

- **Cárdenas, D., Correa, I. (2011). Método de auralización orientado a la implementación de teoría acústica de preferencia subjetiva en salas de concierto. Colombia, Bogotá: Universidad San Buenaventura.**

El documento presenta una evaluación de nivel de preferencia de cierta población respecto a diversas ubicaciones de la audiencia en salas de concierto a través de un método de auralización que simula campos sonoros y permite implementar la teoría de preferencia subjetiva. En esta evaluación aplican la correlación cruzada interaural (IACC), además aplican pruebas subjetivas de preferencia con la ley de juicio comparativo para determinar el agrado entre 6 muestras.

Finalmente se determinó que la población prefiere el sonido directo de la fila 2 y el menos preferido en la locación de las sala es la muestra 6, cuya ubicación se encuentra más alejada del escenario. Se encontraron parámetros o variables que se relacionan con el gusto de ubicación: sonoridad (G), tiempo de reverberación lo cual cumple con el objetivo de la investigación.

1.2. Descripción y formulación del problema

“La función de autocorrelación (ACF) puede verse como una medida de similitud o coherencia entre una función $x(t)$ y su versión de desplazamiento” (Ambardar, 2002).

A través de los años se han realizado estudios para relacionar las preferencias subjetivas de un oyente de música con parámetros medibles. En el libro “Auditory and Visual Sensations” de Y. Ando publicado en el año 2009, se explica cómo se relacionan las

preferencias subjetivas con patrones de actividad neuronal, la función autocorrelación (ACF) y su inferencia para determinar modelos comunes de gusto musical (Ando, 2009). Así mismo existe un estudio realizado en el año 2015 desarrollado en la universidad Tres de Febrero en Argentina, el cual permitió establecer una relación entre las emociones tales como alegría, tristeza, miedo y calma, generadas por la música con parámetros de la función de autocorrelación (ACF) (Sabater, 2015). Por tanto la función de autocorrelación se convierte en un factor importante para el estudio de las preferencias subjetivas de un oyente.

Partiendo tanto de las referencias anteriormente nombradas, como de múltiples estudios realizados hasta la fecha, se hace notable la necesidad del ser humano de asociar la preferencia subjetiva a un modelo común. Enfocado de una manera comercial, asociar la preferencia musical a un modelo común, permitiendo predecir si una canción tendrá un gran éxito entre el público.

“Los gerentes de la industria musical monitorean de cerca tanto la transmisión radial de un álbum como las ventas del mismo. Su interés en la transmisión de la radio es debido a la creencia que estas transmisiones puede aumentar las ventas de un álbum” (Montgomery & Wendy, 2002). Según lo anterior se hace visible la necesidad de las disqueras de aumentar el margen de ganancias y con esto surge la necesidad de implementar métodos que permitan aumentar las probabilidades de que un álbum o una canción tengan un mayor éxito comercial.

Para solucionar esto, en los últimos años se han desarrollado softwares de predicción de éxito de canciones, tales como “Hit Song Science” y “ScoreAHit” los cuales implementan técnicas tanto estadísticas como de procesamiento de señales. La canción se clasifica en Hit Song Science y si es superior a 7.3 existe una alta posibilidad de que sea un HIT.

“Pero los gustos o las preferencias de una persona están sujetas a factores sociales y

culturales. “Saber que una canción es un éxito o, al menos preferida por otras en una comunidad, influye en el gusto” (Pachet, 2011).

Por tanto se decide realizar un estudio que evalué la relación que existe entre los parámetros de la función de autocorrelación y las preferencias subjetivas de un oyente en música andina colombiana para establecer un modelo común que permita saber la preferencia musical de una persona y así aumentar las probabilidades de que una obra musical tenga una mayor acogida entre el público.

¿Cuál es la relación que existe entre los parámetros de la función de autocorrelación y las preferencias subjetivas de un oyente en música andina?

1.3. Justificación

Es importante el estudio de la relación que existe entre la música y el cerebro de una manera objetiva a través de un método matemático llamado función de autocorrelación, el cual permita asociar datos cuantitativos de la *Tabla 1* con datos cualitativos definidos por la preferencia subjetiva del encuestado. Es útil evaluar esta relación determinando si existe o no tal relación de tal forma que permita en un futuro seguir evaluando otros géneros musicales y tener un sustento objetivo que permita conocer que a una persona prefiera una obra musical sobre otra.

Es factible la solución de los objetivos expuestos, ya que se cuenta con antecedentes relacionados, recursos cognitivos, económicos y físicos que permiten llevar a cabo la investigación sin ningún inconveniente.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la relación entre preferencias subjetivas y los parámetros de la función de autocorrelación en la música andina Colombiana.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar las preferencias subjetivas del oyente en música andina colombiana mediante un método estadístico.
- Analizar el comportamiento de la función de autocorrelación (ACF) en seis canciones de música andina colombiana.
- Comparar los datos de la función de autocorrelación (ACF) y los parámetros subjetivos del oyente en las seis canciones de música andina colombiana.

1.5. Alcances y limitaciones del proyecto

1.5.1 Alcances

La presente investigación dará como resultado final la evaluación de la relación entre preferencias subjetivas y los parámetros de la función de autocorrelación aplicada únicamente a la música andina, con el propósito de dar un sustento objetivo acerca de la preferencia subjetiva. Además para futuros estudios que relacionen esta clase de elementos de investigación con otros generos musicales.

El alcance de la investigación es de tipo correlacional, ya que se pretende evaluar la relación de asociación entre dos variables una objetiva y la otra subjetiva. Estas variables son los parámetros obtenidos de la función de autocorrelación y las preferencias musicales de una persona en música andina colombiana. También serán medidas por separado con el fin de cuantificarlas y así analizar si existe o no una correspondencia entre estas dos variables.

1.5.2. Limitaciones

Dada la variedad de géneros musicales en Colombia y el mundo, se decidió utilizar un ritmo musical dentro de la música andina colombiana, con el fin de incentivar y apoyar la música de nuestra región. El consentimiento para realizar las pruebas subjetivas fue restringido, ya que en algunas universidades donde se pretendía llevar a cabo la investigación no fue posible obtener autorización para realizar dichas encuestas, esto fue importante ya que el estudio pudo tener un mayor impacto en población directamente relacionada con el género a estudiar.

2. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

El cerebro y la música son elementos afines que se complementan mutuamente, como es de conocerse no son fenómenos netamente físicos ya que su interpretación depende de diversos parámetros y variables, siendo las más importantes en el contexto y el individuo estudiado, quien les da un significado de una manera subjetiva.

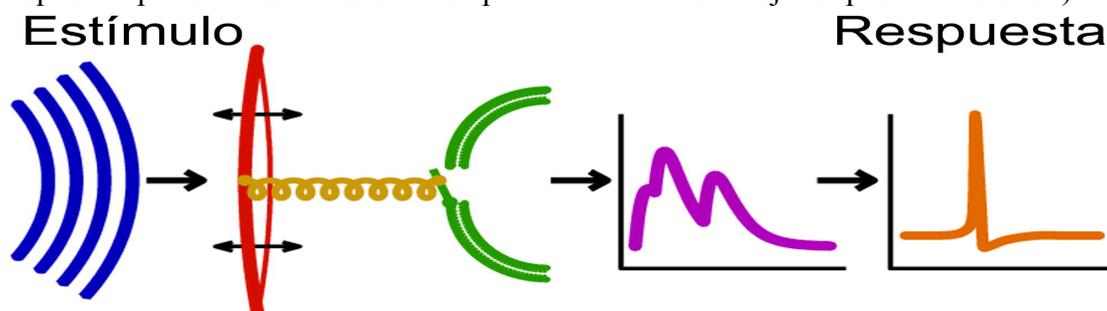
Así como se habla físicamente de estímulos o fenómenos, perceptualmente se hace referencia a funciones, sensaciones o emociones, es decir, se involucran los procesos sensoriales en el análisis correspondiente a fenómenos y sus efectos sobre los sentidos.

Para comprender la temática de este proyecto, es necesario conocer una variedad de temas relacionados, por lo cual se realizará en esta sección una breve y concisa explicación de cada uno de ellos.

2.1. Estímulos

Se definen como agentes externos que influyen sobre los sentidos de una persona, generando una respuesta psicológica o fisiológica; mientras que la sensación es la actividad psíquica causada por un estímulo a los órganos sensoriales, un proceso puramente biológico de acción – reacción. (Rojas, 2009)

Figura 1. Representación esquemática del Estímulo sonoro. (Azul: ondas sonoras. Rojo: tímpano. Amarillo: Cóclea. Verde: células de receptores auditivos. Púrpura: espectro de frecuencia de respuesta del oído. Naranja: impulso del nervio.)



Fuente: *Sonido, J. (2010). El Sonido. [Figura]. Recuperado de: <http://sonido-jaapi.blogspot.com>*

2.2. Emoción

Según Young, se define como una alteración del individuo que se revela en su experiencia consciente, así como en las funciones fisiológicas del mismo y es iniciada por factores incluidos en una situación psicológica. (Young, 1946)

2.3. Percepción

Es una función psíquica que se define como el proceso por el que se asimila e interpreta la información adquirida por los sentidos, para formar el concepto de los objetos y la representación de la realidad del entorno. Es el primer proceso cognitivo por medio del cual los seres humanos reconocen y aprenden su entorno. (Rojas, 2009) No necesariamente se debe tener un contacto físico para poder obtener información, porque al momento de escuchar ya te informa y desde ese momento se considera percepción. (Percepción, 2013)

2.4. Audición y percepción auditiva

Según Carlson “La audición tiene tres funciones primarias las cuales son detectar sonidos, determinar la localización de las fuentes y reconocer la identidad de esos sonidos; y de ahí su significado e importancia”. (Carlson, 1996)

El sistema auditivo se divide en dos: periférico y central. El periférico, es decir el oído se encarga de procesos fisiológicos de recepción en información sonora y transmisión al cerebro; mientras que el central, posee los nervios auditivos y el cerebro, se encarga del fenómeno conocido como percepción sonora. Como es sabido el sonido varía en tres dimensiones físicas las cuales son la altura tonal, volumen y timbre.

La altura tonal conocida como “pitch” es percibida de un estímulo sonoro que se determina por la frecuencia de la vibración medida en Hertz (Hz). El volumen es una función de intensidad, una vibración más potente de un objeto produce ondas sonoras más

intensas y por lo tanto más sonoras. Finalmente el timbre proporciona información sobre la naturaleza de un sonido específico. (Carlson, 1996). Desde este punto se encarga la psicoacústica, la cual estudia la relación entre esos estímulos físicos y la interpretación que hace el cerebro, con base en las características subjetivas del sonido, que a su vez se determinan por sus parámetros objetivos (Frecuencia y amplitud esencialmente).

2.5. Psicoacústica

Estudia la percepción subjetiva en cuanto a las cualidades del sonido; sus parámetros más importantes son sonoridad, la cual permite dar percepción subjetiva acerca de la intensidad del sonido, la altura tonal o “pitch” como percepción de tono y el timbre, el cual permite reconocer fuentes sonoras por sus componentes armónicos. Estos tres parámetros vistos anteriormente son interdependientes. “Como vemos la psicoacústica debe diseñar experimentos a efectos de recolectar valores y escalas que puedan reflejar las propiedades del sistema auditivo”. (Rodríguez, 2005)

2.6. Ley de Juicio Comparativo

El psicólogo Louis León Thurstone (Morosini, 2012) ejecutó una teoría referente a los procesos de escalamiento subjetivo y planteó mediante métodos estadísticos definir valores a las pruebas de actitudes personales. Uno de los enfoques planteados por el señor Louis León Thurstone fue la de la ley de juicio comparativo. Esta ley argumenta que cuando a una persona se le presenta una serie de estímulos, se produce un “proceso discriminante”, cada estímulo presentado genera un “proceso” subjetivo al cual se le asigna también un valor subjetivo. Por lo tanto cada vez que se percibe este estímulo tendrá una valoración diferente. Por último se asocia el término de “distribución discriminativa” el cual representa el valor subjetivo vinculado con mayor frecuencia en el estímulo.

La variabilidad de esta distribución discriminativa viene dada por la desviación típica y es llamada “dispersión discriminativa”. Por ejemplo cuando a un sujeto se le asigna el mismo valor subjetivo que a un estímulo, no presentaría ningún caso de variabilidad por lo tanto la desviación típica será cero.

Cuando a un sujeto se le presentan una serie de estímulos, con el fin de que los diferencie entre sí y asigne valores subjetivos de acuerdo a un parámetros determinado, cada uno de estos valores son el resultado de un proceso discriminativo.

Cuando la cantidad de estímulos presentado al sujeto es grande, es necesario realizar el método de pares comparativos o comparaciones binarias.

Thurstone clasificó su ley en 5 casos. Según el profesor Enrique Morosini “todos los casos de la ley del juicio comparativo están basados en que cada estímulo ha sido comparado con los demás un gran número de veces”

Es por eso dependiendo de la cantidad de estímulos, se realizan todas las posibles combinaciones binarias entre los estímulos para que después sean presentadas al sujeto. Cada sujeto tendrá que decidir cuál de los estímulos dentro de cada par es de su preferencia, mejor, agradable, etc. Por lo tanto al final se encontrará un valor subjetivo dominante.

La siguiente expresión permite calcular el número de series de pares para hacer las posibles combinaciones, denominadas como número de series:

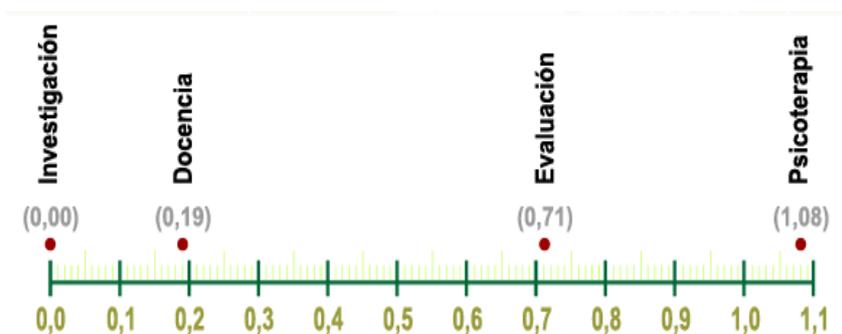
$$\# \text{ Series} = N * (N-1/2) \quad (1)$$

El proceso estadístico usado para hacer el escalamiento, se hace por medio de matrices; matriz de frecuencia observada, matriz de proporciones, matriz de puntuaciones típicas.

La matriz de frecuencia observada es una matriz simétrica en donde están todos los estímulos, en esta se transcriben los datos de preferencia, es decir la frecuencia de cada par comparativo. En la matriz de proporciones se dividen las frecuencias de cada casilla

entre el valor de encuestados. Por último se hace la matriz de puntuaciones típicas en donde se hace una normalización obtenidas a partir de unas tablas de distribución normal. Ya para finalizar y poder presentar unos datos organizados se hace una representación gráfica de la escala, por lo tanto es necesario sacar los valores escalares promedios. (Morosini, 2012)

Figura 2. Representación gráfica de la escala de Thurstone.



Fuente: Morosini, E. Escalamiento psicológico de Thurstone [Figura]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/EnriqueMorosini/escala-de-thurstone> (Morosini, 2012)

En el anterior ejemplo se puede observar que el grado de preferencia corresponde a psicoterapia.

2.7. Función de Autocorrelación (ACF)

Según Ambardar “La función de autocorrelación puede verse como una medida de similitud o coherencia entre una función $x(t)$ y su versión de desplazamiento”. (Ambardar, 2002).

Se ha utilizado en el estudio matemático y corresponde al análisis de la señal para medir la similitud entre una señal y su versión retardada, en busca de auto-similitud en el tiempo. Desde que Licklider propuso la idea de “autocorrelador” en el sistema auditivo humano en 1951, el análisis de la función de autocorrelación denotado por sus siglas en inglés (ACF – Autocorrelation Function) se ha utilizado para el análisis de discurso con el fin

de extraer la frecuencia fundamental de las palabras pronunciadas y luego se usa para los estudios de modelo de la percepción de tono.

Según Ando, los diversos atributos de la “sensación primaria” del sonido pueden dividirse en dos categorías: “sensaciones temporales” y “sensaciones espaciales”. Cualquier respuesta subjetiva del campo sonoro puede ser descrita en términos de combinaciones temporales y espaciales. Además, estos dos conjuntos de factores parecen ser procesados de manera diferente en los dos hemisferios del cerebro. (Ando, 2009)

Los factores temporales extraídos de la ACF parecen estar asociados con las respuestas neuronales del hemisferio cerebral izquierdo, mientras que los factores espaciales extraídos de la IACF parecen estar asociados con el hemisferio derecho del cerebral. En la *Tabla 1* se muestra una serie de cualidades o atributos, la correlación acústica, la representación, el factor principal y la locación en el cerebro.

Tabla 1. *Resumen de sensación temporal y preferencia para la función de autocorrelación (ACF)*

| Quality or attribute | Acoustic correlate | Representation | Main factor | Locus |
|--|--|----------------|---|-----------------------------|
| Temporal sensations and preference | | | | |
| Periodicity pitch | Fundamental frequency | ACF | τ_1 and ϕ_1 extracted from ACF | brainstem (left hemisphere) |
| Loudness | Sound pressure level | ACF | τ_1, τ_e in the condition of constant LL | brainstem (left hemisphere) |
| Duration sensation | Physical duration | ACF | Signal duration D and τ_1 extracted from ACF | brainstem (left hemisphere) |
| Timbre | Spectral composition | ACF | $W_{\phi(0)}$ extracted from ACF | Left hemisphere |
| Preferred first reflection, $[\Delta t_1]_p$ | Distance of nearest reflecting surface | ACF | τ_e extracted from ACF | Left hemisphere |
| Preferred reverberation time, $[T_{sub}]_p$ | Volume of a room and absorption | ACF | τ_e extracted from ACF | Left hemisphere |

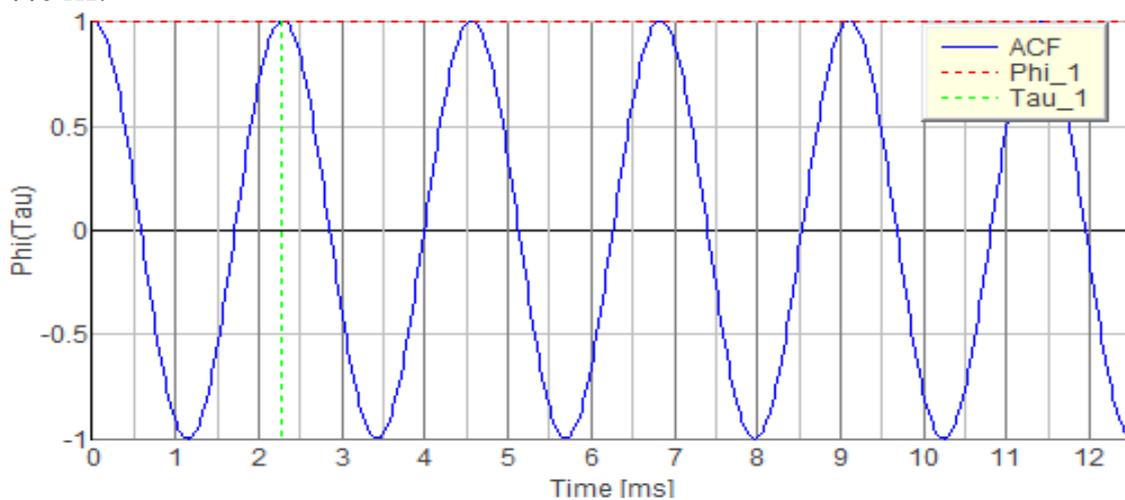
Fuente: *Ando, Y. (2009). Auditory system model for temporal and spatial information processing [Tabla 1]. En Y. Ando, Auditory and Visual Sensations (Pág. 5). New York, NY: Springer, 2009.*

Durante los últimos años, los análisis de ACF se emplean para caracterizar las señales de música, habla, el ruido y la relación con sus evaluaciones subjetivas. No sólo las señales continuas como la música, el habla, mecánica y los ruidos ambientales, sino también el impulsivo y el sonido de baja frecuencia han sido analizados por el ACF. (Sato, 2011)

Según Y. Ando la ACF de una función sinusoidal que tenga cualquier fase, es una función coseno de la misma frecuencia. (Figura 3). Como su forma de onda y envolvente ACF es plana, el tiempo de duración efectiva (τ_e) es infinita. La ACF de un ruido blanco con un ancho de banda infinito es la función $\delta(\tau)$ con una pendiente infinita. (Figura 4).

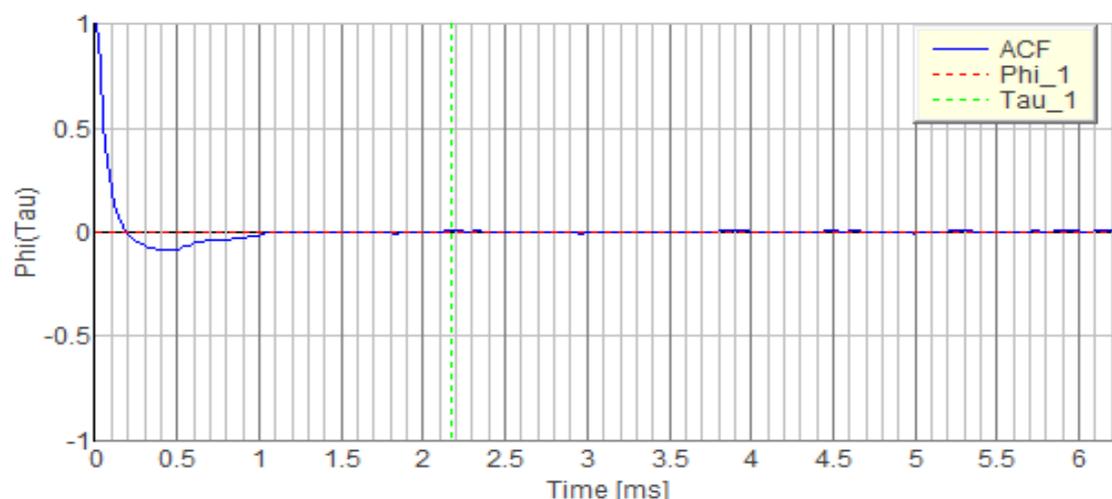
Esto significa que la señal tiene una duración efectiva que se aproxima a 0 (sin coherencia temporal). A medida que el ancho de banda disminuye la duración efectiva aumenta.

Figura 3. Función de autocorrelacion de una función sinusoidal con una frecuencia de 440 Hz.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4. Función de autocorrelación de un ruido rosa.



Fuente: Elaboración Propia

2.8. Parámetros de la función de autocorrelación (ACF)

La función de autocorrelación entrega como resultado una serie de parámetros microscópicos ($W_\varphi(0)$, $\phi(0)$, φ_1 , τ_1 , τ_{e-min}) capaces de describirla. De hecho, estudios recientes muestran que $W_\varphi(0)$ es un parámetro útil para cuantificar el brillo y el timbre y τ_{e-min} puede incluir información útil para la identificación de silabas. (Sabater, 2015).

Sato, S. Demostró que $\varphi_{(0)}$ y φ_1 son importantes para la identificación de la fluctuación de la intensidad sonora, y φ_1 , τ_1 , asociados con el fin de la fase operativa de un refrigerador pueden dividir el sonido como en “desvanecimiento” o “golpeteo”. (Sato, You, & Yong Jeon, Sound Quality Characteristics of refrigerator noise in real living environments with relation to psychoacustical and autocorrelation parameters, 2007)

A continuación se definen las cualidades o atributos de la Tabla 1:

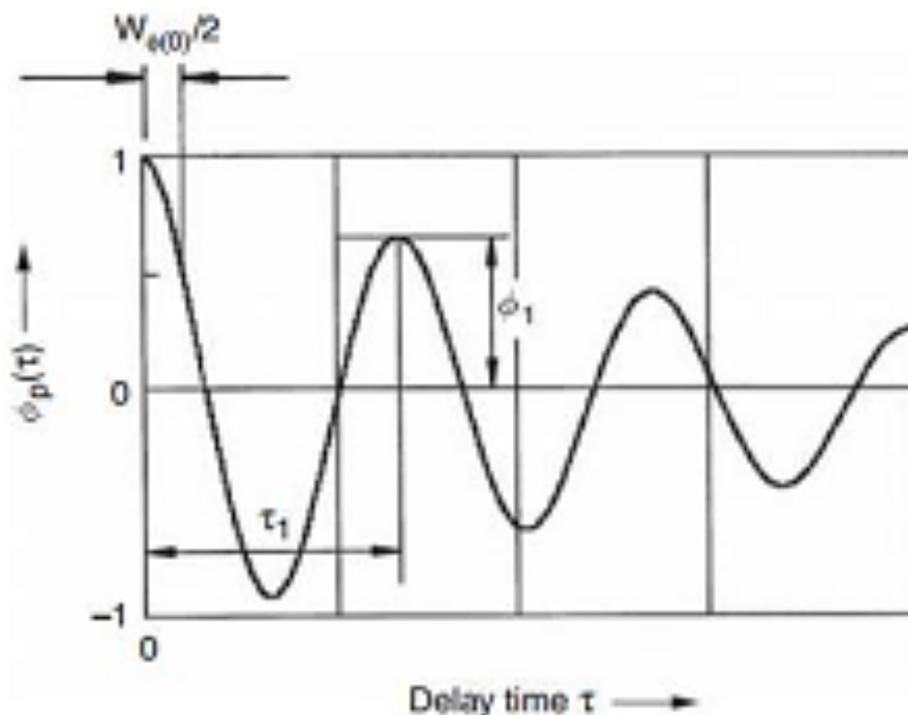
- ✓ Periodicity pitch: Traducido como la periodicidad de tono, se correlaciona acústicamente con la frecuencia fundamental, extraídos del ACF de τ_1 y $\phi(0)$, ubicado en el lugar tronco cerebral (Hemisferio Izquierdo).
- ✓ Loudness: Traducido como el volumen, se correlaciona acústicamente como la señal fuente, extraídos del ACF de τ_1 y τ_e en la condición constante de volumen (LL), este también está ubicado en el lugar tronco cerebral (Hemisferio Izquierdo).
- ✓ Duration sensation: Traducido como sensación de duración y se correlaciona acústicamente como la duración de la señal, extraído del ACF de D y τ_1 y su ubicación está en el tronco cerebral (Hemisferio Izquierdo).
- ✓ Timbre: Se correlaciona acústicamente como el poder de espectro de la señal, es extraída del ACF del parámetro $W_\varphi(0)$ y su ubicación es en el hemisferio izquierdo del cerebro.

- ✓ Preferred first reflection τ_1 : Traducido como la preferencia de la primera reflexión y su correlación acústica es la distancia de la superficie reflectante más cercana, extraída del ACF del parámetro τ_e y su ubicación es el hemisferio izquierdo del cerebro.
- ✓ Preferred reverberation time τ_{e-min} : Traducido como la preferencia del tiempo de reverberación, su correlación acústica es el volumen de la sala y absorción, extraída del ACF del parámetro τ_e y su ubicación es el hemisferio izquierdo del cerebro.

2.9. R-ACF (Running Autocorrelation Function)

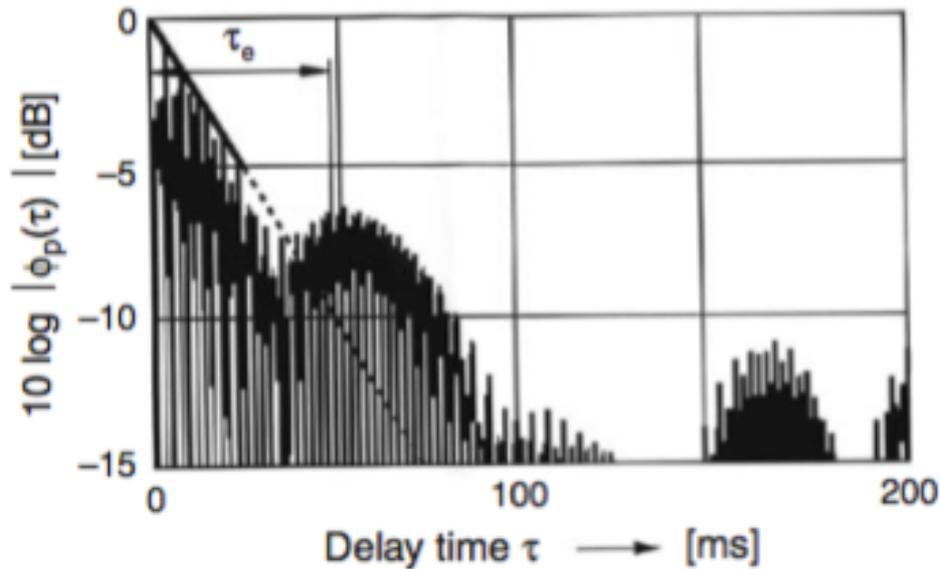
Se traduce como función de autocorrelación continua y se obtiene mediante el método FFT basado en el teorema de Wiener-Khinchine después de obtener el espectro de la densidad de energía para una señal. (Kato, y otros, 2006)

Figura 5. Gráfica de una señal mostrando los parámetros de la r-ACF.



Fuente: Ando, Y. (2009). *Analysis of Source Signals* [Fig. 2.1]. En Y. Ando, *Auditory and Visual Sensations* (Pág. 11). New York, NY: Springer, 2009.

Figura 6. Determinación de la duración efectiva τ_e de la función de autocorrelación ACF.



Fuente: Ando, Y. (2009). *Analysis of Source Signals* [Fig. 2.2]. En Y. Ando, *Auditory and Visual Sensations* (Pág. 11). New York, NY: Springer, 2009.

2.10. Coorelación

Según Ávila Baray "la correlación es un método estadístico que permite determinar la presencia o ausencia de asociación entre dos variables sometidas a investigación."

(Baray, 2006)

La correlación se describe por medio de índices estadísticos denominados coeficientes de correlación que pueden sugerir la asociación de dos variables.

Los índices de correlación más usados son el coeficiente de correlación producto-momento y coeficiente de correlación de rangos. El valor del coeficiente de correlación varía entre -1 y +1, siendo 1 correlación positiva perfecta y -1 una correlación negativa perfecta. Un valor de 0,0 sugiere una ausencia de correlación.

La correlación producto-momento se le conoce como el coeficiente de correlación de Pearson. "Este coeficiente es un índice que mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente. Adviértase que se dice variables relacionadas

linealmente. Esto significa que puede haber variables fuertemente relacionadas, pero no de forma lineal". (Martínez, 2015)

El coeficiente de correlación por rangos de Spearman es un índice que permite hallar semejanza entre dos variables de tipo ordinal las cuales no se comportan acorde a la curva de distribución normal. Este tipo de coeficiente permite que se hallen correlaciones de tipo no lineal. Caso contrario sucede con el coeficiente de Pearson el cual requiere que se cumpla un supuesto de normalidad en las variables, este tipo de coeficiente permite hallar correlaciones de tipo no lineal.

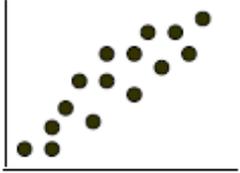
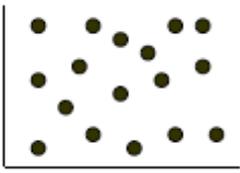
Cada uno de los coeficientes mencionados anteriormente permiten encontrar correlaciones de tipo paramétrico (coeficiente de correlación de Pearson) y no paramétrico (coeficiente de correlación de Spearman).

Una vez calculado el valor del coeficiente de correlación, es importante determinar si el valor obtenido muestra que las variables están relacionadas en realidad o tan solo presentan dicha relación como consecuencia del azar. Entonces es necesario con el fin de aceptar o rechazar la correlación es importante evaluar el nivel de significación.

“Un nivel de significancia del 5% (Significancia = 0.05) interpreta que al señalar que existe asociación entre las variable (o rechazar que no existe asociación), tenemos un 5% de probabilidad de equivocarnos. Como estamos trabajando con un 95% de confianza, valores iguales o menores a 0.05 en la significación corroboran que hay asociación entre las variables” (Lizama & Giorgio Boccardo, 2014).

Con el fin de facilitar la interpretación de los datos una apropiada técnica de analizar la correlación entre dos variables, son las gráficas de dispersión.

Figura 7. Gráfica de Dispersión para interpretar las coorelaciones de Pearson y Spearman.

| Gráfica de Dispersión | Coefficiente de correlación | Interpretación |
|---|-----------------------------|--------------------------------|
|  | + 1.00 | Correlación positiva perfecta. |
|  | - 1.00 | Correlación negativa perfecta. |
|  | + 0.60 | Correlación positiva moderada |
|  | 0.00 | Ausencia de correlación |

Fuente: Baray, H. (2006). *Ejemplo de Gráficas de Dispersión. [Tabla 4.3]. En H. Baray, Introducción a la metodología de la investigación (Pág. 117). Chihuahua, MX: eumed, 2006.*

2.11. Música Andina Colombiana

Se contempla como música andina a diversos géneros y ritmos musicales debido a su extensa cobertura geográfica, la música andina colombiana es muy amplia y variada, ya que cada región le imprime su toque cultural, derivando varios ritmos, entre los cuales los más destacados son los Bambucos, Guabina, Danza, Pasillos, Rajaleña, San Juanero, el Bunde y el Torbellino. (Colombia-SA, 2017).

Su interpretación se basa principalmente en la guitarra, el tiple y la bandola, en ocasiones se confunde con “música de cuerdas” en la acepción local. La música andina colombiana

es instrumental, interpretada por estudiantinas, o vocal, interpretada con los instrumentos mencionados y cantada por lo general en dúo o trío. (Echeverri, 2014)

Esta música se ha manifestado a lo largo de la región andina colombiana, más específicamente en ciudades como Cúcuta, Pamplona, Bucaramanga, San Gil, Socorro, Duitama, Tunja y Cundinamarca.

2.12. Instrumentación de la música andina Colombiana

- **GUIARRA:** Es un famoso instrumento descendiente de la familia de los cordófonos. Es difícil determinar con certeza el verdadero origen de este instrumento, sin embargo el instrumento de cuatro cuerdas tuvo dos evoluciones. La guitarra morisca, tenía un fondo redondeado, un mástil ancho y varias incisiones en la tapa para la salida del sonido y la guitarra latina, que se parece más a la guitarra moderna con una sola boca y un mástil más estrecho. (Ochoa, 2012)

Figura 8. *Guitarra.*



Fuente: *García Orozco, M. (2014). Guitarra [Figura]. En M. García Orozco, Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales. (Pág. 65). Bogotá: Ministerio de Cultura. Programa de Estímulos, 2014.*

- TIPLE: Siendo de tipo cordófono, es considerado el instrumento nacional de Colombia. Posee 12 cuerdas metálicas, agrupadas en cuatro órdenes de a tres cuerdas, se utiliza en el acompañamiento de ritmos típicos del interior del país como el bambuco y el pasillo. También se usa como acompañante de la tradicional trova antioqueña.

Tiene un rango que se extiende desde el re4 hasta el si5 de la quinta línea adicional superior. Esta extensión permite distribuir metodológicamente en tres secciones: Registro bajo, registro medio y registro alto. El registro medio es el más conveniente para la adecuación de una melodía a la idiomática del instrumento. Es decir, la melodía debe ser dispuesta en la tonalidad en donde prevalezca mayoritariamente el registro medio. (Nestor, 2009)

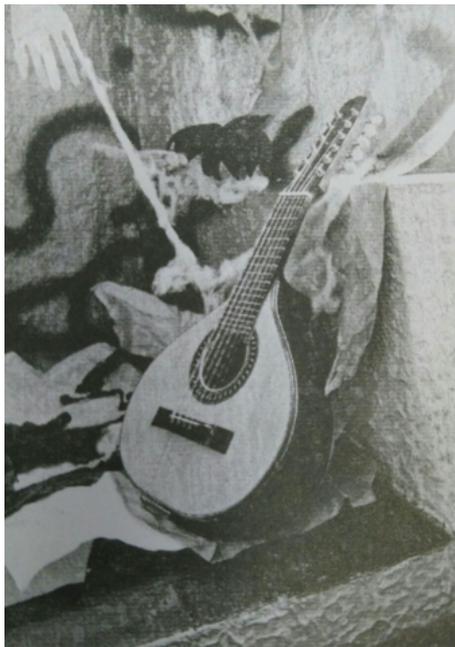
Figura 9. *Tiple.*



Fuente: *García Orozco, M. (2014). Tiple [Figura]. En M.García Orozco, Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales.(Pág. 60). Bogotá: Ministerio de Cultura. Programa de Estímulos, 2014.*

- **BANDOLA:** es un instrumento de cuerda pulsada encontrado principalmente en Venezuela y Colombia; se dice que fue traída por los españoles a América y poco a poco se fue modificando su construcción y su interpretación musical. Según esto se ha clasificado en diferentes tipos de bandolas: La Venezolana, andina, llanera, oriental, guayanesa y cordillerana. (Rey Mora & Gil González, 2013)

Figura 10. *Bandola.*



Fuente: *García Orozco, M. (2014). Bandola [Figura]. En M.García Orozco, Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales.(Pág. 53). Bogotá: Ministerio de Cultura. Programa de Estímulos, 2014.*

2.13. Aire rítmico Bambuco

Género musical colombiano, catalogado como el más importante de este país, definiendo esta importancia en el hecho de ser reconocido entre los emblemas nacionales. Es un ritmo que trascendió en el ámbito nacional, sin discriminar regiones ni clases; por eso es, sin duda alguna, la máxima expresión del folclore de Colombia.

Este género musical que se expandió desde el suroccidente de Colombia (Cauca), hacia el sur (Ecuador y Perú) y hacia el nororiente (Departamentos de Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Boyacá y Santander), logró en menos de 50 años, convertirse en la música

y danza nacional, pasando del anonimato de la música rural, a ser considerado símbolo nacional. (González, 2015)

Los primeros Bambucos en Colombia tuvieron un aire campesino, llevando en sus letras diferentes temas como el amor, la libertad, el orgullo por la nacionalidad. El bambuco en sus comienzos fue hecho por el pueblo y para el pueblo, siendo uno de los aires musicales preferidos en todas las reuniones por ser contagioso y agradable.

Existen diferentes clases de bambucos colombianos, todos ellos debido a distintas interpretaciones en cada región, usando diversos instrumentos, la época en que fue compuesto entre otros, sin embargo hoy en día se consideran dos tipos generales de bambucos; el bambuco fiestero y el bambuco de salón, siendo la mayor diferencia su velocidad de ejecución. El bambuco se encuentra escrito en partitura en una armadura de compás de 6/8 y 3/4. La mayoría de los primeros bambucos fueron escritos en 3 / 4, estos poseían un ritmo alegre, pero sin embargo los músicos dicen que su interpretación es más difícil que la de 6/8. La acentuación y la agrupación son diferentes cambiando totalmente el ritmo como se muestra en la figura 11. (Rey Mora & Gil González, 2013)

Figura 11. Agrupación de armadura de compás del bambuco.



Fuente: Franco Arbeláez, E.; Lambuley Alférez, N. y Sossa Santos, J. (2008) Agrupación de armadura de compás del bambuco [Figura]. En E. Franco Arbeláez y otros, J. Músicas Andinas de Centro Oriente ¡Viva Quien Toca! : Cartilla de iniciación musical (Pág. 13-14). Bogotá D.C, Colombia: V1, 2008.

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo, ya que este enfoque está basado en una serie de procesos secuenciales los cuales permite dar respuesta a la pregunta de la investigación. Esta serie de procesos incluyen la recolección de datos obtenidos de la función de autocorrelación y datos obtenidos de las encuestas realizadas a una población determinada. Por último se realizó una correlación de los datos obtenidos de la función de autocorrelación y los datos de las encuestas, para así poder cumplir con el objetivo de la investigación.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de carácter experimental ya que el proyecto pretende someter a determinada población a una encuesta en donde cada sujeto podrá seleccionar cuál de las muestras musicales propuestas es de su preferencia, esto con el fin poder cuantificar dichas preferencias para luego comparar estos resultados con los obtenidos a partir de la función de autocorrelación y así poder lograr el objetivo de la investigación en donde se pretende evaluar la relación entre los resultados de las encuestas y los resultados de la función de autocorrelación haciendo uso de la correlación.

3.3. Línea de investigación USB / Sub-Línea de facultad

3.3.1. Línea de investigación

Este proyecto está dentro de la línea de investigación de **Tecnologías actuales y sociedad**, ya que se aplicarán conocimientos acerca de psico-acústica y procesamiento digital de señales, además de implementar teorías estadísticas que evaluarán las preferencias del oyente y se correlacionarán con los parámetros de la ACF. Este estudio

involucra la sociedad y la cultura actual, ya que estas son de gran importancia para el desarrollo de la misma.

3.3.2. Línea de investigación de facultad

La Sub-línea de facultad es Análisis y procesamiento de señales, puesto que se hará necesaria la utilización de un software que permitirá obtener, procesar y manipular las diferentes señales de audio procedentes de las partituras musicales de las 6 obras musicales de ritmo bambuco en música andina colombiana.

3.3.3. Núcleos Problémicos

Los núcleos problemáticos del proyecto son Psicoacústica y procesamiento digital de señales, ya que conforme al ritmo bambuco se realizará el estudio, será necesario tener en cuenta el método de reproducción de las señales de audio. Además de ello es fundamental el Análisis y procesamiento de señales, debido a que se utilizará un software que permitirá manipular las señales de audio con el fin de obtener los parámetros de la ACF de cada señal de audio, la cual permitirá realizar la evaluación subjetiva acerca de las preferencias musicales en oyentes.

3.4. Técnicas de recolección de información

Tabla 2. Técnicas de recolección de información.

| TÉCNICA | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Recolección musical | Se obtendrán las partituras musicales de las 6 obras musicales escogidas de la música andina colombiana con ritmo bambuco, aplicando una normalización de nivel para todas las obras. |
| Parámetros de la función de autocorrelación | Para la obtención de los parámetros se empleará un programa de ACF que evaluará parámetros de sensaciones temporales. |
| Encuestas de preferencia de parámetros musicales en ritmo bambuco de la música andina colombiana. | Se conseguirán los datos necesarios para hacer un análisis de los parámetros musicales de preferencia del oyente al |

| | |
|----------------------|--|
| | escuchar bambuco en audífonos, en un recinto donde el ruido de fondo no afecte la concentración del oyente, a través de una encuesta de pares comparativos por el método de Thurstone usando las 6 muestras musicales escogidas. |
| Correlación de datos | Por medio del software SPSS Statistics se correlacionan los datos obtenidos de la ACF y de las pruebas subjetivas para obtener una respuesta de si existe o no relación entre estas dos variables. |

Fuente: Elaboración Propia.

3.5. Población y muestra

La población a la cual se dirige esta investigación es a personas en un rango de edad de 15 a 30 años sin importar el género, dentro de esta selección se escogió una población de 30 personas, sustentado en el libro *“Estadística y muestreo de Ciro Martínez Bencardino, Décima tercera edición, Pág. 323. Cap.: 8 Pruebas de Hipótesis y límites de confianza”* en donde citan lo siguiente: *“Cuando no se conoce la varianza poblacional (σ), deberá ser sustituida por la varianza muestral (S^2), siempre y cuando la muestra sea grande, es decir mayor a 30, la cual se considera muestra grande”* >.

Es importante también tener en cuenta que en estudios similares se realizaron con una muestra poblacional similar a la usada, y en el trabajo titulado *“Estudio de la relación entre las emociones generadas por la música y parámetros de la función de autocorrelación continua”* (Sabater, 2015) se tomó una población de 25 personas para el respectivo estudio de análisis.

3.6. Hipótesis

Mediante la relación entre las preferencias subjetivas del oyente y los parámetros de la función de autocorrelación en música andina colombiana es posible determinar porque una persona prefiere más una obra musical que otra.

3.7. Variables

3.7.1. Variables independientes

- Los métodos de aplicación de las pruebas de preferencia subjetiva, los cuales incluyen la implementación del sistema de reproducción.
- Muestras de audio de cada obra musical elegida para las pruebas subjetivas en los encuestados.
- Formato de instrumentos como ítem de inclusión para la selección de canciones.
- Parámetros iniciales del software DSSF3 para el análisis de la función de autocorrelación.
- Tipo de ritmo musical seleccionado para el estudio.
- Método estadístico por el cual se obtuvo la escala valorativa de preferencia subjetiva.

3.7.2. Variables dependientes

- Nivel de preferencia de las personas respecto a las distintas muestras musicales de bambuco colombiano.
- Parámetros obtenidos de la función de autocorrelación mediante el software DSSF3.

3.8. Encuesta de preferencia subjetiva

En esta sección se evaluará la metodología de las pruebas subjetivas teniendo en cuenta el formato, la población, el tiempo por encuesta, secuencia de pares comparativos e implementación del software programado para facilitar su interpretación y análisis.

3.8.1. Metodología de la encuesta

Debido a que se tienen seis obras musicales para desarrollar la prueba subjetiva, se usó una fórmula la cual determina el número de series pares para hacer la comparación.

Para determinar este valor, se utilizó la *ecuación (1)*.

Donde $N = 6$.

Por lo tanto el número de series posibles es $\#Series = 15$.

En la siguiente tabla se tienen las 15 posibles combinaciones entre los pares de las 6 obras musicales seleccionadas previamente.

Tabla 3. Combinaciones entre las seis muestras y los 15 pares comparativos.

| MUESTRA-> PARES | A | B | C | D | E | F |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | B | | | | |
| 2 | A | | C | | | |
| 3 | A | | | D | | |
| 4 | A | | | | E | |
| 5 | A | | | | | F |
| 6 | | B | C | | | |
| 7 | | B | | D | | |
| 8 | | B | | | E | |
| 9 | | B | | | | F |
| 10 | | | C | D | | |
| 11 | | | C | | E | |
| 12 | | | C | | | F |
| 13 | | | | D | E | |
| 14 | | | | D | | F |
| 15 | | | | | E | F |

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Al momento de encuestar a las 30 personas, en el software de preferencia subjetiva se definieron 3 tipos de encuesta, con el fin de que los encuestados no tuvieran una preferencia según el orden en que se presentan los pares comparados. Por esta razón se creó una secuencia aleatoria controlada de la siguiente forma:

Tabla 4. Pares comparativos aleatorios controlados para la prueba de preferencia subjetiva.

| SECUENCIA 1 | SECUENCIA 2 | SECUENCIA 3 |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| PARES | PARES | PARES |
| 2 | 3 | 9 |
| 7 | 6 | 13 |
| 11 | 4 | 5 |
| 14 | 12 | 8 |
| 1 | 8 | 12 |
| 10 | 5 | 4 |
| 15 | 13 | 6 |
| 3 | 9 | 3 |
| 6 | 2 | 15 |
| 4 | 7 | 10 |
| 12 | 11 | 1 |
| 8 | 14 | 14 |
| 5 | 1 | 11 |
| 13 | 10 | 7 |
| 9 | 15 | 2 |

Fuente: Elaboración Propia.

La *Tabla 4* muestra el orden de reproducción de las secuencias de pares comparativos. A partir de estos datos fue necesario hacer un cálculo aproximado de duración de tiempo de la prueba por persona, siendo recomendable no realizar una prueba de escucha por más de 15 minutos, puesto que se presentaría fatiga auditiva y los resultados de la prueba pueden variar drásticamente. Se establecieron 3 secuencias aleatorias controladas en la encuesta para así realizar el cálculo debido; cada fragmento musical dura aproximadamente 20 segundos, sabiendo que se encuestaron 15 pares comparativos, por lo tanto al hacer el producto entre estos valores se obtiene un tiempo de duración aproximado de 11,25 minutos para realizar la prueba subjetiva de preferencia para el aire musical bambuco de la música andina colombiana.

Nota: Si desea visualizar la tabla de estimación de tiempo por prueba (*Anexo I.*)

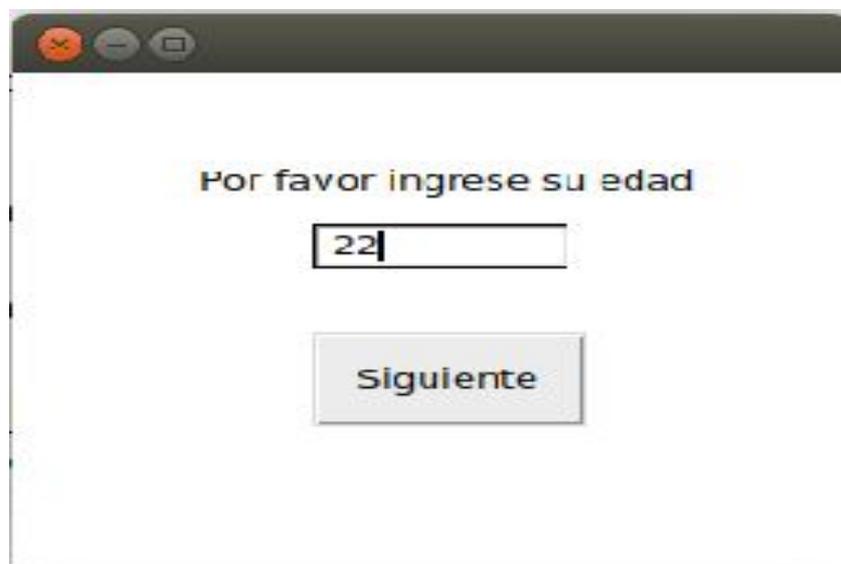
3.8.2. Formato de la encuesta

Para llevar a cabo la recolección de datos y manipularlos en un proceso estadístico, fue necesario establecer el formato adecuado para con los sujetos a encuestar. Se decidió realizar un programa el cual fuera eficaz y rápido a la hora de guardar/exportar los datos de los encuestados. Este programa se realizó en Python, el cual toma los datos de cada encuestado y los exporta a un excel.

A continuación se mostrará el paso a paso que tendrá que realizar el encuestado hasta llegar a exportar el documento respectivo en excel, guardando valores como la edad y que muestra musical es más preferida en los 15 pares comparativos.

1. Digite su edad, ya que este dato es importante para determinar si el usuario es apto o no para la prueba.

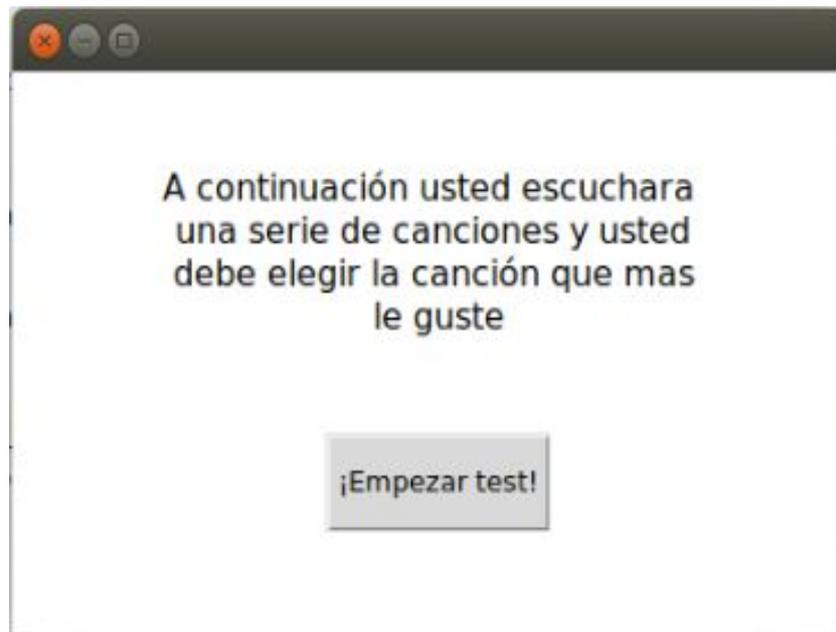
Figura 12. Ventana 1 del test de preferencia (Edad)

A screenshot of a software window with a dark title bar. The window's content area is white and contains the text "Por favor ingrese su edad" in a bold, black font. Below this text is a rectangular text input field with a black border, containing the number "22" and a vertical cursor. Underneath the input field is a rectangular button with a light gray background and a thin black border, containing the word "Siguiete" in a bold, black font.

Fuente: Elaboración Propia.

2. En esta ventana se dieron las indicaciones al encuestado para que entre dos muestras musicales elija solamente la preferida y así sucesivamente con los 15 pares comparativos.

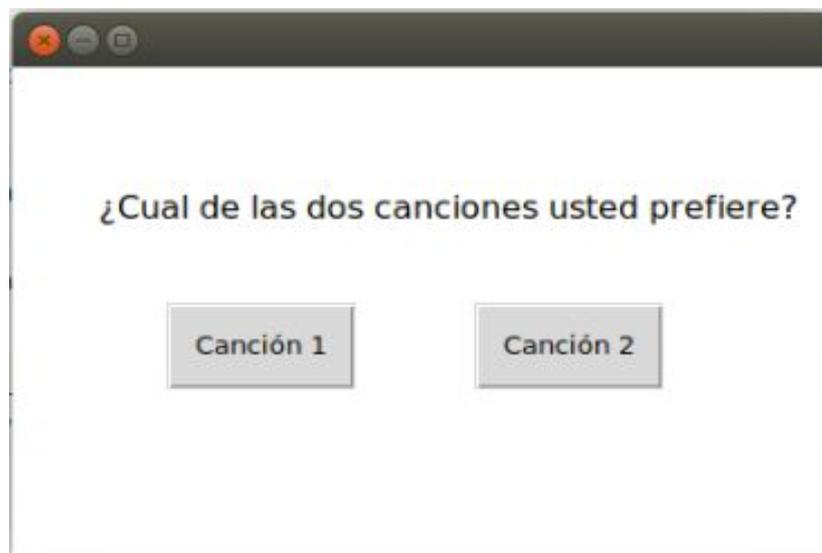
Figura 13. Ventana 2 del test de preferencia (Inicio)



Fuente: Elaboración Propia.

3. En esta ventana se reproducirán las 2 muestras musicales uno detrás del otro con un tiempo de separación de aproximadamente 5 segundos. Estos pares comparativos se presentan como Canción 1 - Canción 2 en los 15 pares comparativos estableciendo un orden aleatorio definido tal como se observa en la *Tabla 4*.

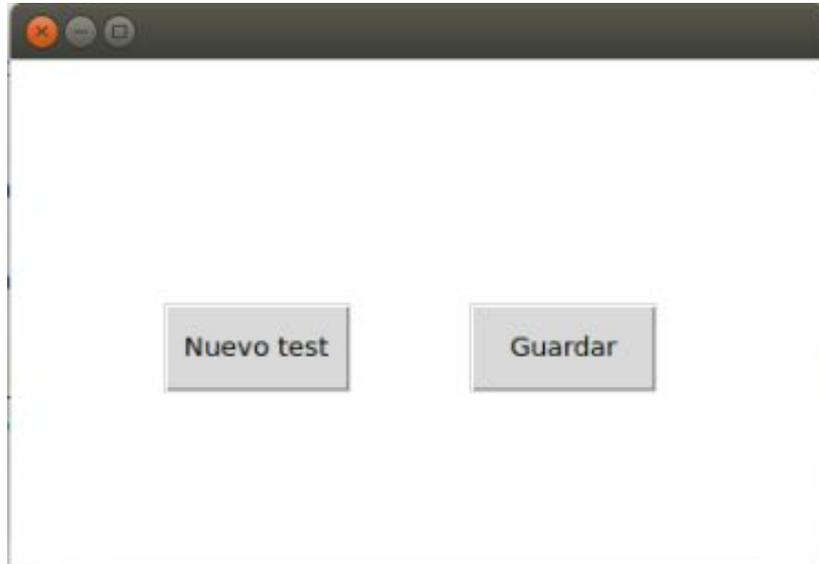
Figura 14. Ventana 3 del test preferencia (Escucha de muestras)



Fuente: Elaboración Propia.

4. Después de seleccionar la preferencia en los 15 pares comparativos aparece una ventana el cual guarda los datos en excel y/o permite iniciar un nuevo test.

Figura 15. Ventana 4 del test de preferencia (Exporta a Excel)



Fuente: Elaboración Propia.

***Nota:** El botón guardar exporta los datos seleccionados entre los 15 pares comparativos a un documento .xls en excel el cual permitirá hacer un análisis por el método estadístico de ley de juicio comparativo propuesto por Thurstone.*

3.9. Software

En esta sección se hizo una breve descripción de los softwares utilizados para el desarrollo de este estudio, teniendo en cuenta que fueran software gratis, con versión de prueba o que la licencia fuera brindada por la Universidad San Buenaventura Sede Bogotá.

3.9.1. Easera 1.0

El software utilizado para el procesamiento de señales fue EASERA cuyas siglas están definidas (Electronic and Acoustic System Evaluation and Response Analysis), desarrollado por la compañía alemana Anherth Feistel Media Group en colaboración con SDA Software Design Anherth, el cual posee herramientas de análisis de señales, medición y análisis electro-acústico.

EASERA permite realizar calibraciones de un sistema de medición acústico, con un sistema interno de compensación de respuesta en frecuencia de los sistemas de transducción utilizados (micrófonos y altavoces), permite generar señales de excitación tales como sine sweeps, MLS, ruido (White, Pink) y tonos puros. A su vez, permite realizar un análisis de señal en tiempo real, en modos de visualización tales como respuesta en frecuencia y espectrograma, permitiendo también aplicar filtros de ponderación A, B y C.

Todas las operaciones de post-procesamiento de señales son proporcionadas por EASERA tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia.

3.9.2. Pro Tools 10

Es una estación de trabajo de audio digital que ofrece la universidad San Buenaventura sede Bogotá con una licencia apta para trabajar en una plataforma de grabación, edición y mezcla multipista de audio y midi, que integra hardware y software. Es considerado un estándar de grabación, edición y mezcla en estudios profesionales y postproducción, usado mundialmente. La empresa estadounidense Avid Technology desarrollo este software haciendo que su calidad y sólida fiabilidad sean ampliamente reconocidas en el ámbito musical y audiovisual.

Pro Tools permite editar, fragmentar y masterizar cualquier archivo de audio a gusto, permitiendo modificar variables como volumen, paneo, ecualización, compresión, y demás efectos en un mismo canal. Además de ello exportar una muestra musical con la frecuencia de muestreo, resolución y formato de audio que se desee de una forma profesional y apta para el respectivo análisis.

3.9.3. Izotope RX6 Standard

Es un plugin de la compañía Izotope la cual ha elaborado bastantes plugins útiles para la producción de audio. El plugin Izotope Rx6 es un plugin de reparación y mejoramiento de audio, con características y espacios de trabajo con los que puedes editar y reparar piezas de audio que parecían irreparables en tiempos anteriores.

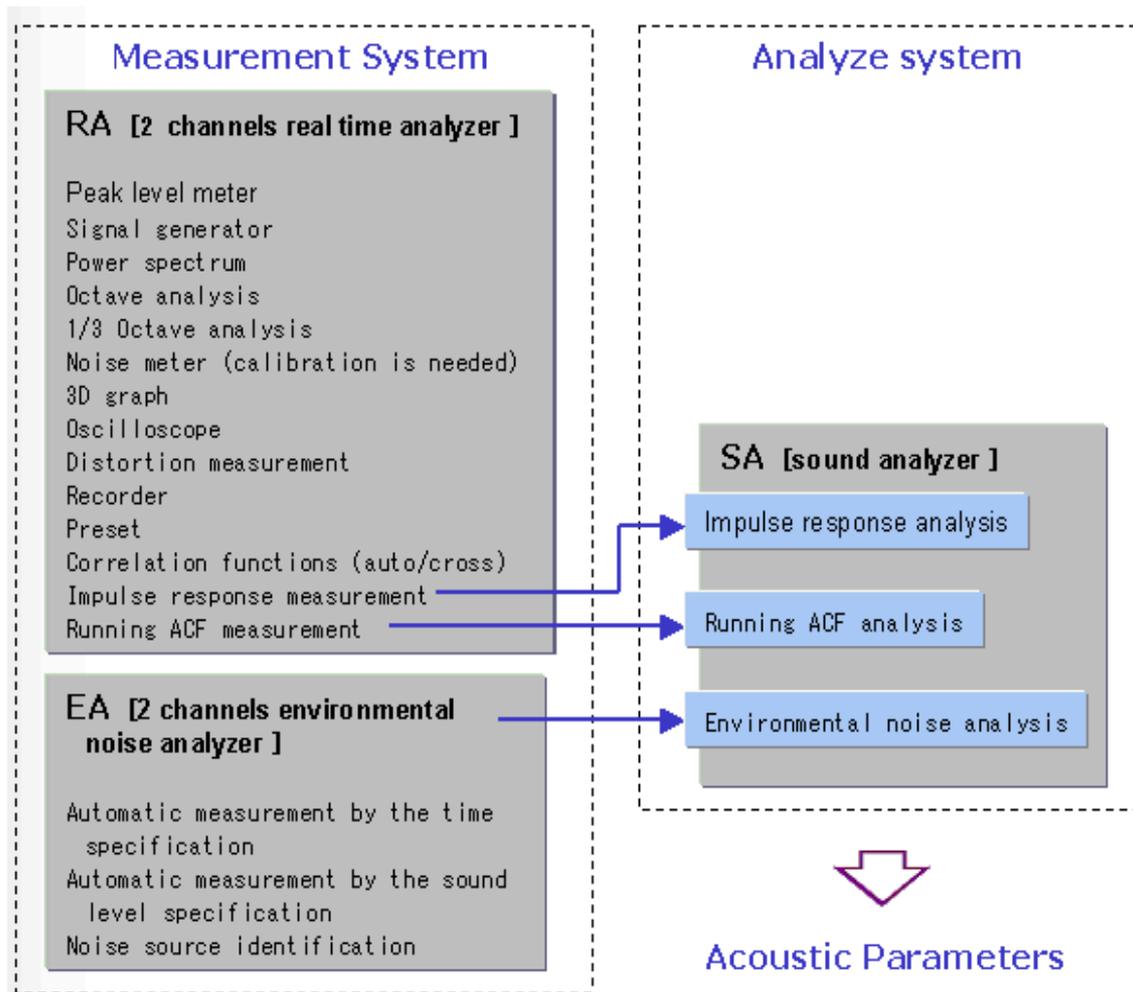
El plugin RX6 se basa en años de extensa investigación en procesamiento de señales digitales avanzadas y aprendizaje de máquinas, cuenta con tecnologías de vanguardia para la postproducción, como el micrófono de lavado, el aislamiento del diálogo y la eliminación intermitente de ruidos de viento de bajo nivel. También introduce acercamientos creativos a los viejos problemas de la grabación de la música tales como sangrado del micrófono, sibilance, clics de la boca, y respiraciones.

3.9.4. DSSF3 (YMEC)

El software DSSF3 es una combinación de tres componentes: Analizador de tiempo real (RA), analizador de sonido (SA) y analizador de ruido ambiental (EA). El programa tiene una versión trial de 30 días con todas las funciones sin limitaciones el cual puede servir para garantizar su fiabilidad y calidad.

A continuación veremos en un diagrama de flujo todas las mediciones, cálculos y parámetros que podremos realizar usando el software DSSF3 (RA+SA+EA).

Figura 16. Diagrama de las tres secciones del software DSSF3.



Fuente: Investment, H. (2016). Harrison Investment Inc. DSSF3 is a combination of three components. Recuperado el 30 de Agosto de 2017 en <http://www.ymec.com/products/dssf3e/index.htm>

3.9.5. Python 3.65

Es software de lenguaje de programación el cual posee una licencia de código abierto, denominada Python Software License, que es compatible con la Licencia pública general de GNU y que se puede acceder a él mediante la página de Python; su sintaxis favorece un código legible y es administrado por la Python Software Foundation.

Este software trabaja en conjunto con librerías de procesamiento de audio, el cual permite hacer un sinfín de procesos a gusto del programador.

En este software se programó las pruebas subjetivas ya que permitía reproducir las muestras musicales con una óptima calidad y exportaba los resultados de cada prueba a un Excel (.xls) siendo más fácil de trabajar e interpretar los resultados finales.

3.9.6. IBM SPSS Statistics

Es el software estadístico líder en el mundo utilizado para solucionar una amplia variedad de problemas de negocios y de investigación. Esta poderosa herramienta de gran variedad de técnicas, que incluye análisis con fines específicos, pruebas de hipótesis, análisis geoespacial y presentación de informes, permite que usted tome el control de sus recursos de analítica predictiva y que los coloque al servicio de la toma de decisiones. IBM SPSS STATICS SUBSCRIPTION brinda a las organizaciones, grupos e individuos una manera más sencilla de utilizar y expandir sus capacidades de analítica predictiva en cualquier momento.

Fue desarrollado por la reconocida empresa multinacional estadounidense de tecnología y consultoría en el año 1968 y actualmente se encuentra en la versión SPSS 24.

3.9.7. Muestras De Música Andina Colombiana

Las muestras de música andina colombiana utilizadas para este proyecto fueron extraídas del libro llamado “Elementos *estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales*” (Orozco, 2014). El cual es dirigido por el señor Manuel García Orozco, compositor, productor musical relacionado con la música de su país natal. Fue pionero en anotar música tradicional de comunidades locales nativas de la Orquesta Sinfónica Nacional de Colombia en el año 2005. Posee un sello discográfico e internacionalmente es reconocido por ser nominado a un grammy latino por mejor álbum folklórico en el año 2010.

Este libro se realiza en homenaje a las obras del señor Álvaro Romero Sánchez en el cual nombran 6 obras de bambuco y 6 obras de pasillo Colombiano.

Las obras musicales se encuentran anexas en un CD-ROM dentro del mismo libro citado, las cuales tiene formato (.WAV) que representa un procesamiento y una reproducción óptima. La ubicación de estas obras musicales dentro del CD son las pistas 26, 27, 28, 29, 30 y 31.

Para el desarrollo del Test de preferencia subjetiva, serán utilizados fragmentos de las obras musicales las cuales fueran significativas y se mantuvieran en un rango de 15 a 25 segundos por obra musical. Cabe resaltar que todas las obras poseen el mismo formato musical y son fragmentadas según su estructura musical.

La calidad y confiabilidad del libro es óptima para un trabajo de grado ya que el autor Manuel García Orozco fue ganador del premio Nacional en Investigación Musical del programa de estímulos en el año 2014 por parte del Ministerio de Cultura de Colombia.

4. DESARROLLO INGENIERIL

Para la realización del proyecto de grado fue necesario estructurar los eventos en tres partes, los cuales permitieron el cumplimiento de cada objetivo específico y la finalidad del proyecto.

La primera parte del desarrollo ingenieril selecciona las seis muestras musicales de ritmo bambuco las cuales fueron normalizadas e implementadas en las pruebas subjetivas con el fin de analizar las preferencias subjetivas del oyente. Ese desarrollo mostrará el método estadístico usado en las pruebas, describiendo la metodología y el formato de encuesta usada.

La segunda parte muestra y describe el programa implementado para el análisis de los parámetros de la ACF en las seis muestras musicales de ritmo bambuco especificando variables usadas y todo el paso a paso del análisis.

La tercera parte correlaciona los datos de preferencia subjetiva del oyente con los datos de los parámetros de la ACF en las seis muestras musicales con el fin de evaluar la relación que existe entre la función de autocorrelación y las preferencias subjetivas en la música andina colombiana con ritmo bambuco.

4.1. Descripción de seis partituras de música andina Colombiana con ritmo bambuco.

En esta primera parte se hará una descripción detallada y concisa para las seis obras musicales respondiendo preguntas como: ¿ Por qué se trabajan esas obras musicales? ¿Porque ritmo bambuco? ¿ Que restricciones debían tener las obras musicales? Y ¿Cómo se llaman las seis obras musicales a trabajar en este estudio?.

4.1.1. Selección de obras musicales andinas colombianas y formato musical

Debido a que se está analizando un aire rítmico específico (Bambuco), siendo este el más representativo y folclórico en la música andina colombiana, se decidió seleccionar seis obras musicales teniendo en cuenta los siguientes ítems de inclusión.

- Obras de música andina colombiana.
- Obras de ritmo bambuco.
- Obras sin lírica.
- Obras con estructura musical.
- Obras de duración no mayor a 3 minutos.
- Obras con un mismo formato musical.
- Obras con el mismo intérprete.

Con estos ítems se asegurará un correcto análisis tanto de las preferencias subjetivas del oyente en la aplicación de la prueba como del análisis en el programa de los parámetros de la función de autocorrelación.

En la aplicación de la prueba se tomarán fragmentos de aproximadamente 20 segundos por cada obra musical, buscando no exceder el tiempo de escucha en un oyente encuestado por más de 15 minutos. Además se encontró en bibliografía que la capacidad de atención está integrada por componentes de la percepción, motrices y motivacionales, distribuidos en diferentes regiones cerebrales. Los periodos de atención dependen de la edad y de la actividad a realizar. La capacidad del alumno para mantener la atención sostenida, se calcula que oscila entre los 10 a 20 minutos. (Tokuhama Espinosa & Willis, 2011)

Se usó como formato musical un trío tradicional de la región andina colombiana (guitarra, bandola y tiple) llamado “Trio Morales Pino”, debido a que es uno de los formatos más influyentes, tradicionales y conocidos que interpretan música andina colombiana.

Las obras musicales fueron seleccionadas teniendo en cuenta el libro “Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales” (Orozco, 2014) , en el cual nombran 6 obras de bambuco del señor Álvaro Romero Sánchez con su respectivo análisis musical. La selección se basó en obras donde el compositor y director Álvaro Romero Sánchez se destacó en el trío instrumental Morales Pino siendo obras que no son conocidas. “Hay que tener en cuenta que estos discos no se consiguen en el mercado comercial, pues, aunque son un legado de alto valor para la historia y el gremio de la música colombiana, los vinilos y las cintas originales están abandonados.” (Orozco, 2014) Debido a esto, las obras sirven de estudio para la encuesta de preferencias subjetivas. Las obras andinas colombianas con ritmo bambuco son:

- Satanás (Compuesto por Álvaro Romero Sánchez)
- Esther (Compuesto por Álvaro Romero Sánchez)
- Queja Indígena (Compuesto por Álvaro Romero Sánchez)
- Tia Tino (Compuesto por Álvaro Romero Sánchez)
- Flor de Romero (Compuesto por Álvaro Romero Sánchez)
- Festival Del Aire (Compuesto por Álvaro Romero Sánchez)

Finalmente la interpretación será realizada por el Trío Morales Pino de música andina colombiana la cual fue creada en Buga, Valle en el año 1936 y fue integrada por Álvaro Romero Sanchez (Director, Compositor y Guitarrista), Peregrino Galindo (Tiple) y Diego Estrada Montoya (Bandola). (Wikipedia, 2017)

4.1.2. Partituras musicales de las obras seleccionadas

Las seis partituras musicales fragmentadas de las obras seleccionadas se transcribieron para su correcta visualización. Estas partituras se tomaron del libro “Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales” del señor Manuel García Orozco. Las partituras se encuentran en la sección de anexos (*Anexo A*).

4.2. Edición, Mezcla y fragmentación de las obras seleccionadas

En este apartado se describirá el proceso que se realizó a las seis obras musicales previamente seleccionadas, teniendo en cuenta que en cada una de las seis obras musicales se editó, mezcló y fragmentó. En estos software se analizaron niveles, formatos, resolución, duración, ruido y fundidos de entrada / salida para la respectiva aplicación de pruebas subjetivas y el posterior cálculo de parámetros de la función de autocorrelación.

4.2.1. Proceso de edición, fragmentación y uso de Fundido de Entrada/Salida

El proceso de edición se realizó en el estudio de mastering de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá. Allí se utilizaron las herramientas que disponen, para realizar todo el proceso de edición en las seis obras seleccionadas. Las obras se importaron en formato .WAV con una frecuencia de muestreo de 44.100 Hz y un bit depth de 16 bits.

Figura 17. Obras musicales seleccionadas completas.

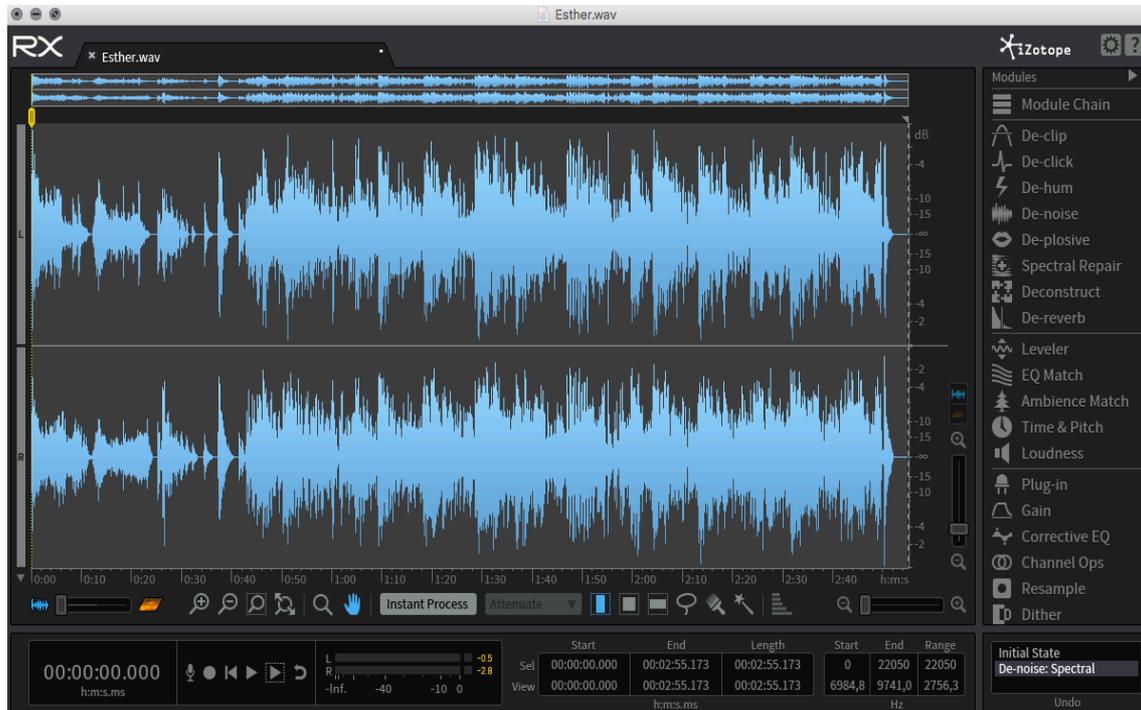


Fuente: Elaboración Propia.

Al momento de escuchar las obras musicales completas en el estudio de mastering se notó un ruido molesto en la obra musical “Esther” el cual puede afectar la valoración subjetiva.

Se decidió procesar esta obra musical mediante el módulo “De-noise” el cual corresponde a un plug-in de Izotope para eliminar este ruido molesto. Se contó con una licencia de 30 días para realizar esta corrección.

Figura 18. “Esther” en el plug-in de Izotope.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 19. Implementación del modulo De-noise para la obra musical “Esther”.



Fuente: Elaboración Propia.

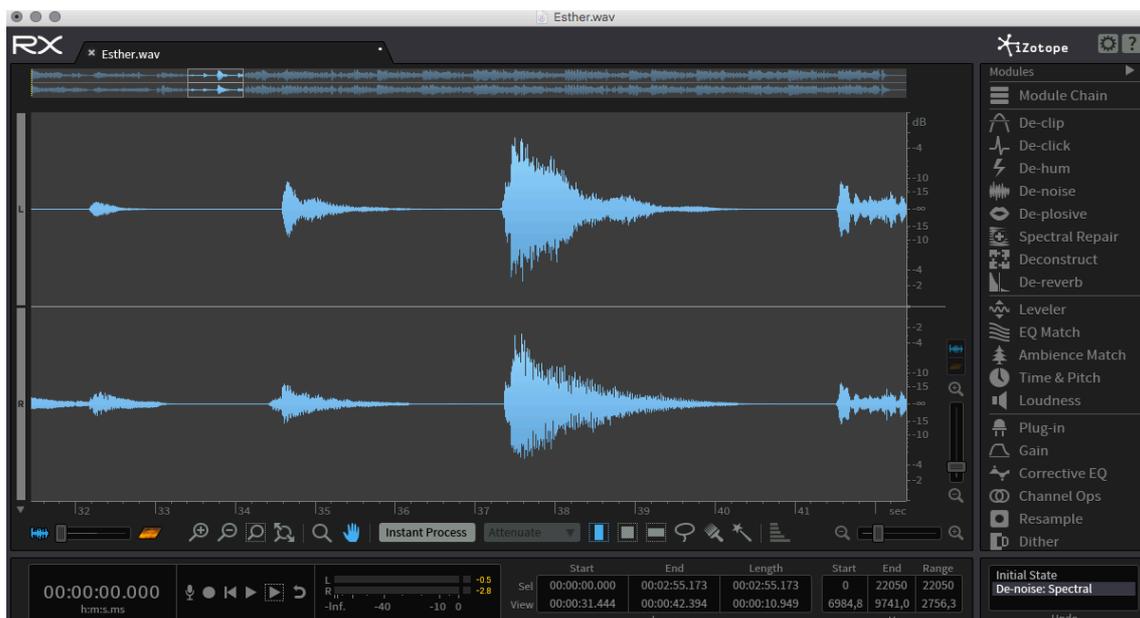
Figura 20. Spectral en modo manual para la corrección de ruido.



Fuente: Elaboración Propia.

El modulo De-noise en manual permite seleccionar con un click la sección vacía donde se escucha el ruido, se clickea en “Learn” y este automáticamente aprende el ruido que existe en toda la obra musical. Modificando dos parámetros “Treshold” y “Reduction” el cual eliminó el ruido en toda la pista teniendo en cuenta el valor de estos dos parámetros.

Figura 21. Visualización de la corrección de ruido con los parámetros de la figura 15.



Fuente: Elaboración Propia.

Una vez obtenidas las seis obras musicales completas en el software Pro Tools, procedemos a fragmentar las obras teniendo en cuenta dos aspectos importantes:

- Las muestras oscilen entre los 19 y 21 segundos de duración para que las encuestas de preferencias subjetivas no superen los 15 minutos por encuestado.
- Las muestras sean fragmentadas todas iguales según su estructura musical.

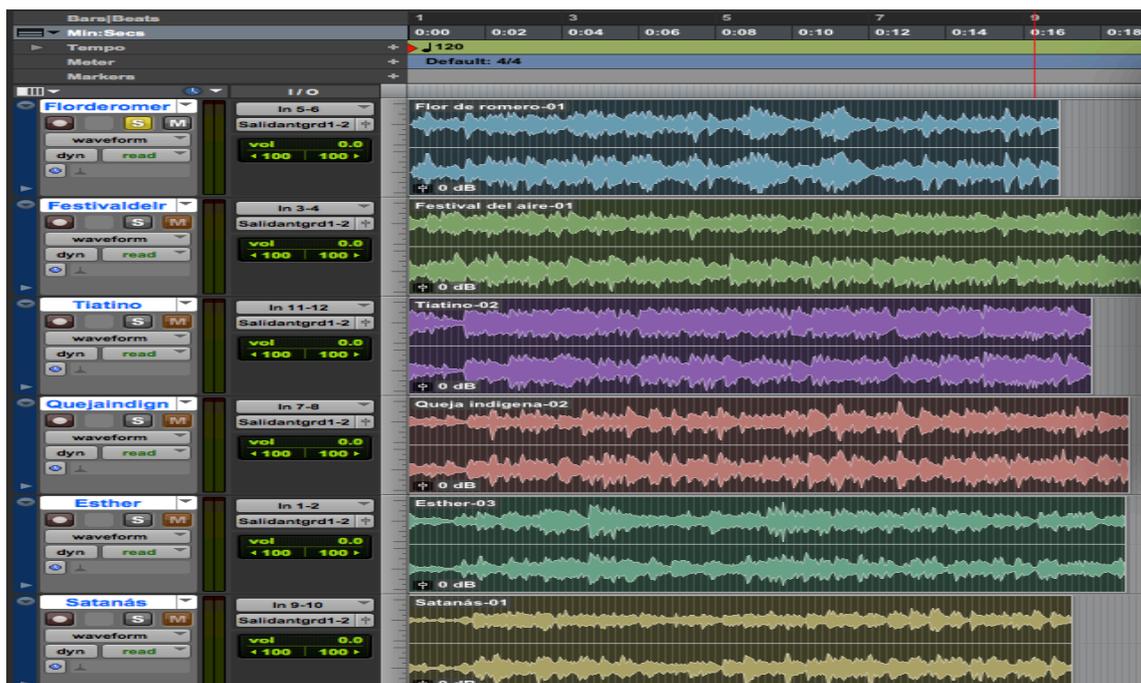
Las muestras quedarán con la siguiente duración después de la fragmentación:

Tabla 5. Duración de las obras musicales después de la fragmentación.

| NOMBRE DE LA OBRA | MUESTRA | DURACIÓN (Segundos) |
|-------------------|---------|---------------------|
| FLOR DE ROMERO | A | 17.0 |
| FESTIVAL DEL AIRE | B | 21.0 |
| TIA TINO | C | 17.8 |
| QUEJA INDÍGENA | D | 18.8 |
| ESTHER | E | 18.7 |
| SATANÁS | F | 17.3 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22. Obras musicales fragmentadas.



Fuente: Elaboración Propia.

Después de la fragmentación se realiza un fundido de entrada y fundido de salida en cada una de las obras musicales, esto con el fin de que el usuario al escuchar la muestra musical no perciba cambios tan bruscos en la transición de los 15 pares comparativos.

Figura 23. Implementación de Fundido para las muestras musicales.

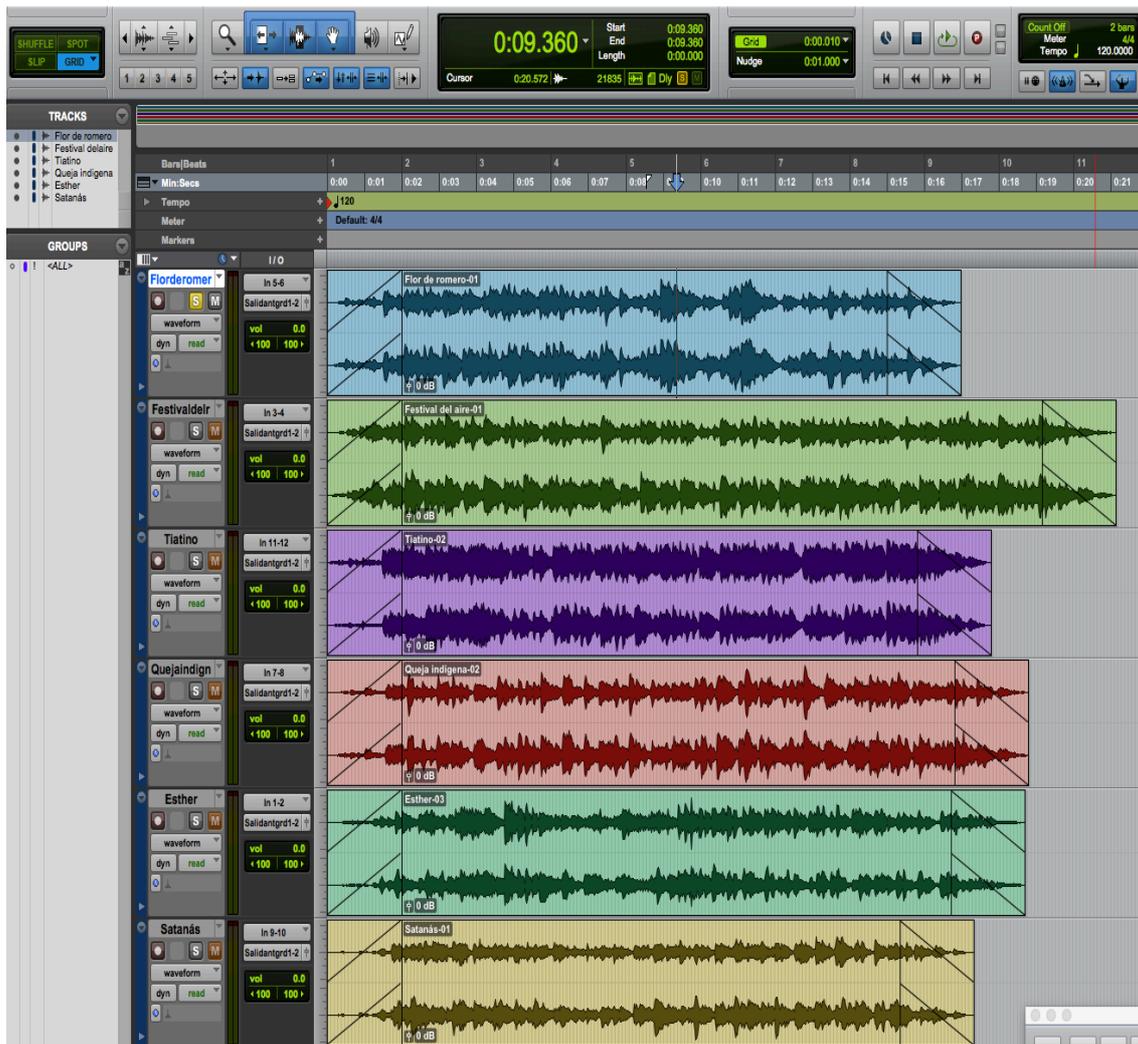


Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la *Figura 23* se utilizó una longitud de fundido de 2000 milisegundos tanto en el fundido de entrada como en el fundido de salida.

Se eligió un fundido tipo “Standard” o progresivo con igual ganancia con el fin de que las muestras musicales iniciaran de una manera suave hasta llegar a su nivel de mezcla y finalizaran del nivel de mezcla al nivel menos infinito. Este tipo de fundido ayuda a que la percepción sonora entre muestras no sea tan brusca. A continuación, se mostrará la captura del proceso de edición final de las 6 muestras musicales, allí se pueden observar los fundidos y la fragmentación de cada muestra musical.

Figura 24. Proceso de edición finalizado.



Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2. Proceso de Mezcla

El proceso de mezcla se realizó en el estudio de mastering de la Universidad de San Buenaventura Sede Bogotá, en este proceso se dejaron las 6 muestras musicales con un mismo nivel teniendo en cuenta el match de niveles y el modulo de “Audiosuite” de Pro Tools. En este modulo se selecciona la muestra musical y se analiza determinando el nivel RMS y PEAK de toda la muestra. Se repitio el proceso con cada uno hasta dejar todos a un mismo nivel, esto con el fin que a la hora de la evaluación de preferencias subjetivas el volumen de una u otra muestra musical no afectara la elección del encuestado.

Al finalizar la mezcla se exportarán cada una de las 6 muestras musicales previamente seleccionadas con formato .WAV a una resolución de 16 bits y una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz.

Una vez concluido el proceso de mezcla, se procede a seleccionar el sistema de reproducción con el cual se aplicarán las pruebas subjetivas para la evaluación de las 6 muestras musicales. Para esto se determinó realizar la medición de respuesta en frecuencia de dos referencias de audífonos.

4.3. Medición de audífonos Beyerdynamic “DT100” y Shure “SRH 440”

Para el correcto análisis se debe contar con unos audífonos adecuados para la reproducción y escucha de las 6 muestras musicales orientadas a conocer la preferencia subjetiva, previo a aplicar las encuestas es necesario realizar, una medición y comparación entre 2 tipos de audífonos teniendo en cuenta los siguientes ítems.

- Los audífonos deben estar disponibles en la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá.
- Optar por la respuesta en frecuencia óptima con el fin que no acentúe o atenué ciertas frecuencias en las muestras musicales.

4.3.1. Levantamiento arquitectónico

Previamente a las mediciones, se realizó un levantamiento arquitectónico de la sala en la cual se realizó la medición, con el fin de obtener información del recinto. De igual forma, los planos arquitectónicos permiten realizar una óptima planeación de las mediciones, respecto a la información requerida sobre puntos eléctricos, posiciones de medición de ruido de fondo, posiciones de fuentes, posiciones de micrófono.

El levantamiento arquitectónico fue elaborado en versión digital (CAD) y se encuentra en el *Anexo G* del respectivo documento.

4.3.2. Instrumental de medición

Para las mediciones de respuesta en frecuencia de los audífonos Beyerdynamic DT100 y Shure SRH 440 se requiere el siguiente instrumental:

- Cabeza binaural Córtez MK2B - 01dB
- Audífono Beyerdynamic DT 100 – $Z= 16\Omega$
- Audífono Shure SRH 440 – $Z= 44\Omega$
- Interfaz de sonido Focusrite Scarlett 18i8
- Computador portátil con software Easera o Smaart.
- Sonómetro Brüel & Kjaer Type 2250
- Pistofono Brüel & Kjaer 4231
- Cabina de sonido JBL EON 10
- Cables de poder y conexión
- Cable XLR – TRS (1/8)
- Trípode
- Flexómetro

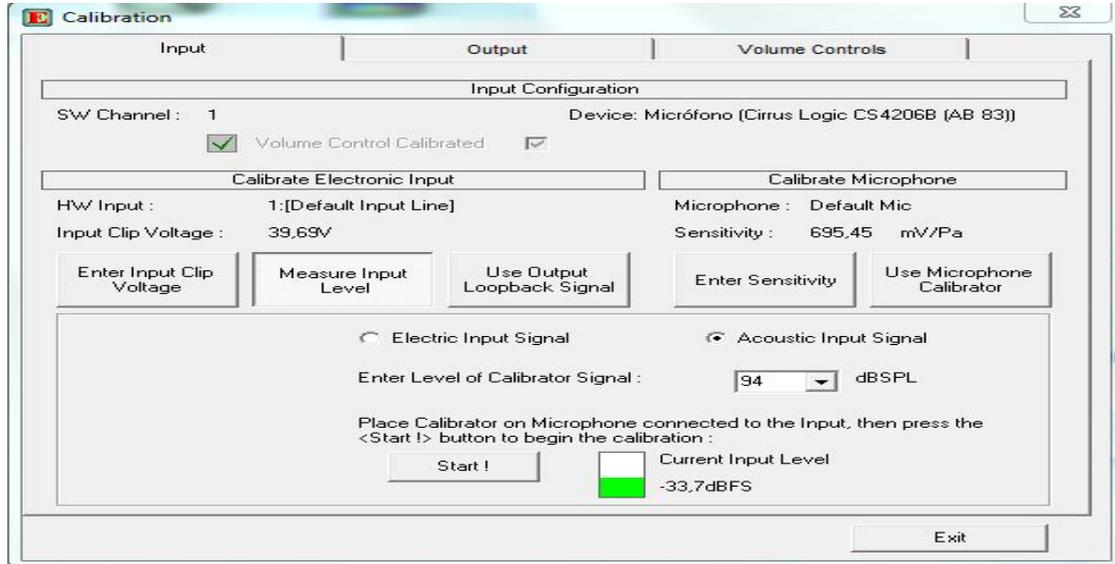
4.3.3. Metodología de medición

A continuación, se describe la metodología de medición para las referencias de audífonos:

- Calibración de cabeza binaural Córtez MK2B – 01dB, para una correcta calibración de la cabeza binaural es necesario tener un pistofono de la marca y referencia 01dB (metravib) que se ajuste directamente al micrófono de la cabeza, actualmente no se encuentra disponible en la Universidad San Buenaventura sede Bogotá. Por lo tanto se calibrará ubicando la cabina JBL EON 10 a una distancia de un metro en frente de la cabeza y se genera un tono puro de 1KHz. El sonómetro

Brüel & Kjaer Type 2250 se ubica a 1 centímetro a lado y lado de la oreja de la cabeza, este debe marcar 94dB SPL para una correcta calibración.

Figura 25. Ventana de calibración del software EASERA.



Fuente: Elaboración Propia.

- Recolección de datos, cuando se alcanza el nivel de 94 dB SPL se genera un log sine sweep, teniendo con esto el rango completo de frecuencias. Estos datos son tomados por los micrófonos en la cabeza binaural.
- Gráficas de respuesta en frecuencia, luego de seguir los pasos anteriores son graficados en el software de Easera en la sección de “respuesta en frecuencia” y suavizada 1/96 de octava de la forma que en el eje Y se encuentre la amplitud y en el eje X se encuentre la frecuencia.

La figura 26 muestra el diagrama del diseño experimental para las mediciones de respuesta en frecuencia del audífono Beyerdynamic DT100, de acuerdo con el protocolo mencionado:

Figura 28. Vista Frontal del Torso completo para la respectiva medición de respuesta en frecuencia.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29. Vista Frontal de la cabeza binaural CórteX MK2-B con los audífonos Shure SRH440.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 30. Conexión para la medición de respuesta en frecuencia.



Fuente: Elaboración Propia.

4.4. Comparación de audífonos para las pruebas subjetivas.

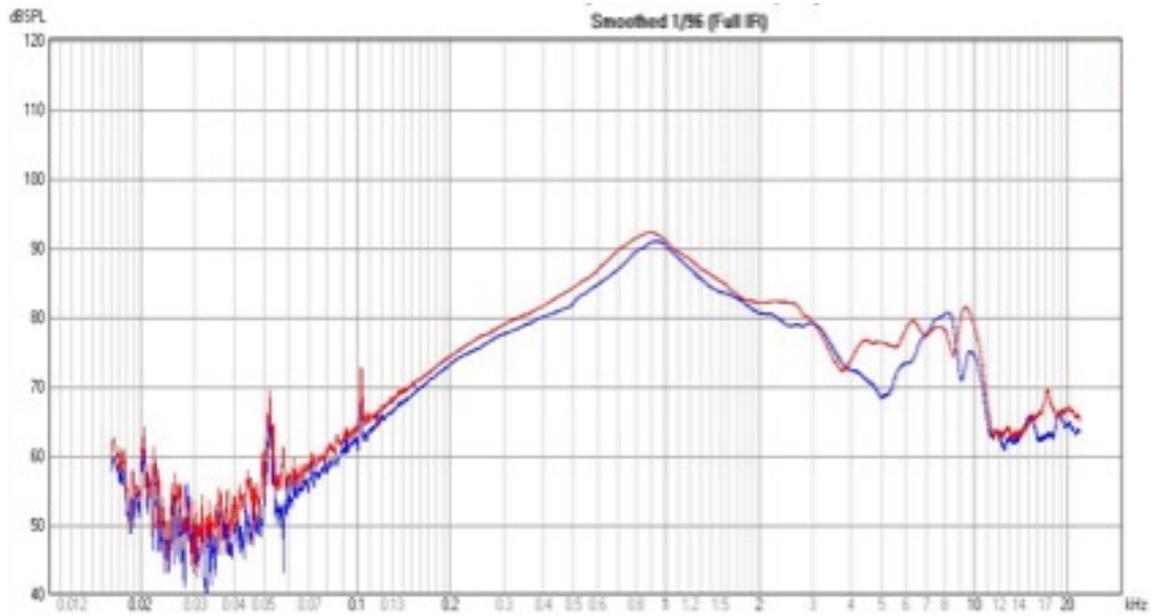
Para la comparación de audífonos se tomaron 2 tipos de audífonos para una correcta comparación entre marcas, referencias, costos y simplicidad a la hora de reproducir una obra musical sin alteración alguna con respecto a la mezcla original.

Los audífonos seleccionados para la comparación son los siguientes:

- Shure SRH 440 $Z= 44\Omega$
- Beyerdynamic DT100 $Z= 16\Omega$

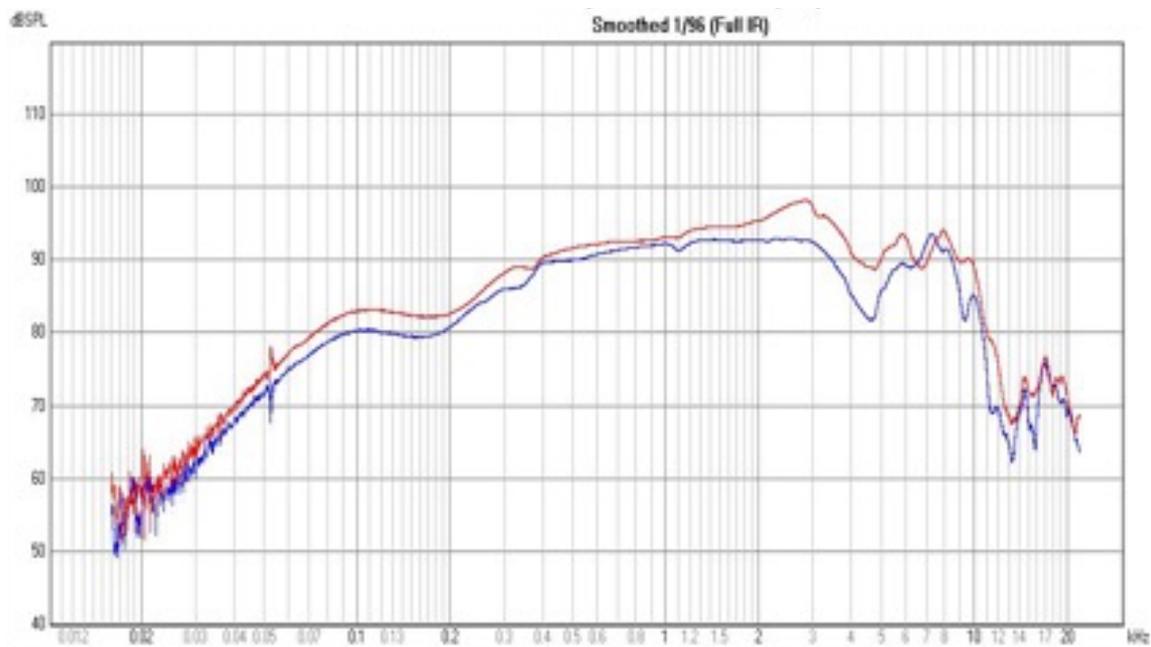
Teniendo en cuenta los ítems de la *Sección 4.3*, a continuación se mostrará las gráficas de respuesta en frecuencia de los de audífonos comparados:

Figura 31. Respuesta en frecuencia generado por el software EASERA de los audifonos Beyerdynamic DT100 $Z= 16\Omega$.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 32. Respuesta en frecuencia generado por el software EASERA de los audifonos Shure SRH 440 $Z= 44\Omega$.



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: En el Anexo F. encuentra las gráficas de respuesta en frecuencia respectivas

4.5. Selección de audífonos para las pruebas subjetivas

Para las pruebas subjetivas fue necesario escoger una sola referencia de audífonos, la cual se debía usar para todos los encuestados teniendo en cuenta que ciertos tipos de audífonos acentúan o atenúan ciertos rangos de frecuencia, esto afectaría gradualmente el análisis de preferencia subjetiva. Por esta razón se pretende usar unos audífonos que cubran el rango de frecuencia audible y con la respuesta en frecuencia óptima, con el fin de que los oyentes perciban las canciones igual en todas las frecuencias sin alteraciones por los audífonos y que sean también accesibles al manejo del proyecto de grado. En las pruebas de preferencia subjetiva se optó por usar los audífonos de referencia Shure SRH 440. En las Figuras 31 y 32 se puede visualizar que una respuesta en frecuencia es más plana que la otra, siendo el audifono SHURE óptimo para el estudio.

5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Datos de las encuestas de preferencia realizadas.

5.1.1 Aplicación de la ley de juicio comparativo (escalamiento de Thurstone).

Con el fin de adquirir un escalamiento lineal de los valores de preferencia subjetiva en música andina colombiana, se usó el método de escalamiento de Thurstone usando el juicio de pares comparativos. (Morosini, 2012)

A continuación se presenta el paso a paso llevado a cabo para la aplicación del método de Thurstone con las 6 muestras musicales de ritmo bambuco (*Flor de romero, Festival del aire, Tiatino, Queja Indígena, Esther, Satanás*), para valorar la preferencia musical entre estas 6 muestras.

El anterior método se explicará con el fin de describir cada paso del método que se siguió para obtener los datos y la gráfica unidimensional de preferencia. Esto fue realizado con 30 personas encuestadas en la Universidad Central. *Las tablas de todos los análisis se presentan en la sección de anexos.*

En la Tabla 6 se muestra la matriz de frecuencias observadas en donde se ubicaron los datos recolectados a través del test de preferencia, en la segunda fila y primera columna se muestran las letras correspondientes a cada estímulo (Tabla 5.) de las 6 muestras musicales correspondientes a las 6 obras musicales seleccionados para este análisis. ***Ver sección 4.1.1.***

En cada celda se encuentra la frecuencia con la que fueron seleccionados los estímulos por cada uno de los 15 pares de comparación (la suma entre los datos de cada par indica el número de sujetos encuestados), en la intersección de cada estímulo consigo mismo se asigna el valor correspondiente al 50% de la muestra (en este caso 15 ya que $n=30$). Como lo estipuló León Thurstone, debido a que en los juicios de igualdad existe la expectativa

de que el sujeto prefiera el 50% de las veces el estímulo A y el otro el 50% de las veces es el estímulo B. (Morosini, 2012)

Tabla 6. Matriz de frecuencia observada de los datos de 6 muestras musicales seleccionados de bambuco Colombiano.

| MATRIZ DE FRECUENCIA OBSERVADA | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|
| | A | B | C | D | E | F |
| A | 15 | 15 | 8 | 23 | 15 | 13 |
| B | 15 | 15 | 9 | 18 | 21 | 15 |
| C | 22 | 21 | 15 | 23 | 21 | 20 |
| D | 7 | 12 | 7 | 15 | 16 | 13 |
| E | 15 | 9 | 9 | 14 | 15 | 15 |
| F | 17 | 15 | 10 | 17 | 15 | 15 |
| Σ | 91 | 87 | 58 | 110 | 103 | 91 |

Fuente: Elaboración Propia.

A: Flor de Romero

B: Festival del aire

C: Tiatino

D: Queja Indígena

E: Esther

F: Satanás

En la Tabla 7 se encuentra la matriz de frecuencia observada ordenada, la cual fue realizada a partir de la suma de cada columna de la tabla 6 y después ordenadas de forma ascendente.

Tabla 7. Matriz de frecuencia observada ordenada de los datos de 6 muestras musicales seleccionados de bambuco Colombiano.

| MATRIZ DE FRECUENCIA OBSERVADA ORDENADA | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| | C | B | A | F | E | D |
| A | 8 | 15 | 15 | 13 | 15 | 23 |
| B | 9 | 15 | 15 | 15 | 21 | 18 |
| C | 15 | 21 | 22 | 20 | 21 | 23 |
| D | 7 | 12 | 7 | 13 | 16 | 15 |
| E | 9 | 9 | 15 | 15 | 15 | 14 |
| F | 10 | 15 | 17 | 15 | 15 | 17 |
| Σ | 58 | 87 | 91 | 91 | 103 | 110 |

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 8 se observa la matriz de proporciones la cuál expone el número de sujetos que seleccionó cada estímulo sobre los 30 encuestados, como se muestra en la siguiente

ecuación:
$$p = \frac{\text{Frecuencia observada}}{\text{muestra}}$$

Tabla 8. Matriz de proporciones ordenada de los datos de 6 muestras musicales seleccionados del bambuco Colombiano.

| MATRIZ DE PROPORCIONES | | | | | | |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | C | B | A | F | E | D |
| A | 0,266 | 0,5 | 0,5 | 0,433 | 0,5 | 0,766 |
| B | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,7 | 0,6 |
| C | 0,5 | 0,7 | 0,733 | 0,666 | 0,7 | 0,766 |
| D | 0,233 | 0,4 | 0,233 | 0,433 | 0,533 | 0,5 |
| E | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,466 |
| F | 0,333 | 0,5 | 0,566 | 0,5 | 0,5 | 0,566 |

Fuente: Elaboración Propia.

Después de encontrar los valores de las proporciones, es necesario reemplazarlos por sus correspondientes puntuaciones normalizadas (Z) las cuales son obtenidas en las tablas de distribución estándar normalizadas (*Anexo D*). Luego de puntuar cada uno de los valores con las tablas de distribución normalizada se procedió a calcular las puntuaciones promedio de cada columna los cuales son ubicados en la matriz de puntuaciones normalizadas, en la tabla 9.

Tabla 9. Matriz de puntuaciones normalizadas de los datos de 6 muestras musicales seleccionados del bambuco Colombiano.

| | C | B | A | F | E | D |
|-----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A | -0,62 | 0,00 | 0,00 | -0,17 | 0,00 | 0,73 |
| B | -0,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 0,25 |
| C | 0,00 | 0,52 | 0,62 | 0,43 | 0,52 | 0,73 |
| D | -0,73 | -0,25 | -0,73 | -0,17 | 0,08 | 0,00 |
| E | -0,52 | -0,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,08 |
| F | -0,43 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,17 |
| Σ | -2,83 | -0,25 | 0,06 | 0,09 | 1,13 | 1,79 |
| PROMEDIO | -0,472 | -0,042 | 0,010 | 0,016 | 0,189 | 0,299 |

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de encontrar los promedios de las puntuaciones normalizadas, se elabora la escala final unidimensional transformando las puntuaciones al restar el valor inferior (la cifra menor con signo negativo), en este caso el valor promedio menor es -0,472. En la tabla 9 se puede observar en la segunda columna los valores promedios y en la tercera columna el valor escalar ajustado.

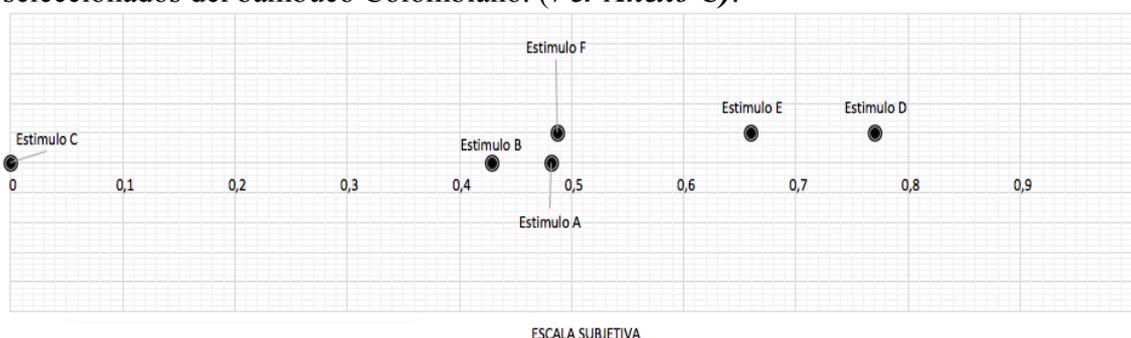
Tabla 10. Valor escalar promedio ajustado de los datos de 6 muestras musicales seleccionados del bambuco Colombiano.

| VALOR ESCALAR PROMEDIO AJUSTADO | | |
|---------------------------------|---------------|-----------------------------|
| C | -0,472 | $-0,472 - (-0,472) = 0,000$ |
| B | -0,042 | $-0,042 - (-0,472) = 0,430$ |
| A | 0,01 | $0,01 - (-0,472) = 0,482$ |
| F | 0,016 | $0,016 - (-0,472) = 0,488$ |
| E | 0,189 | $0,189 - (-0,472) = 0,660$ |
| D | 0,299 | $0,299 - (-0,472) = 0,771$ |

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente calculados los valores de escala se grafican los resultados, como se muestra a continuación:

Figura 33. Resultados de escalamiento correspondientes a las 6 muestras musicales seleccionados del bambuco Colombiano. (*Ver Anexo C*).



Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar en la Figura 33 que el valor escalar de referencia es el 0 (Muestra musical C = Tiatino), a partir de allí los valores (en unidades de desviación estándar), constituyen las magnitudes de escala de cada estímulo sonoro. En este estudio se considera que la muestra musical D (Queja Indígena) fue la más preferida entre las 6 muestras musicales de ritmo bambuco Colombiano.

5.2. Valores estadísticos obtenidos de la función de autocorrelación continua para cada muestra musical de bambuco.

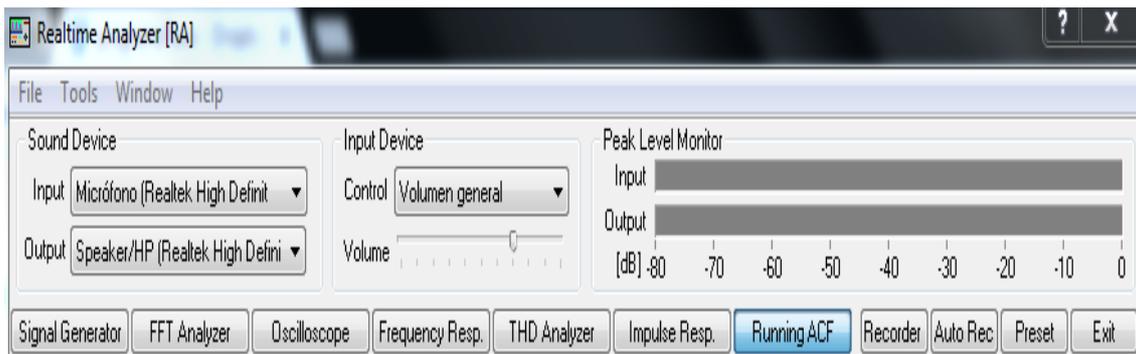
Una vez obtenido el escalamiento lineal de los valores de preferencia subjetiva en las muestras de música andina colombiana, se procede a desarrollar la parte objetiva del estudio, el cual corresponde a la función de autocorrelación y la interpretación a través de la estadística descriptiva en cada una de las seis muestras musicales. Para ello debemos definir en el software (DSSF3), parámetros iniciales para el correspondiente análisis.

5.2.1. Parámetros iniciales del programa r-ACF

Con el fin de calcular los parámetros de la función de autocorrelación de las 6 muestras musicales se usó el programa Realtime Analyzer (RA) y el Sound Analyzer (SA) en un programa completo llamado (DSSF3) el cual contiene los dos módulos mencionados anteriormente y lo podemos conseguir en versión de prueba por 30 días a través de la página YMEC, el cual está explicado con en la **Sección 2.9.4**.

Una vez iniciado el módulo (RA) en la pantalla, se hará uso de la función “Running ACF”

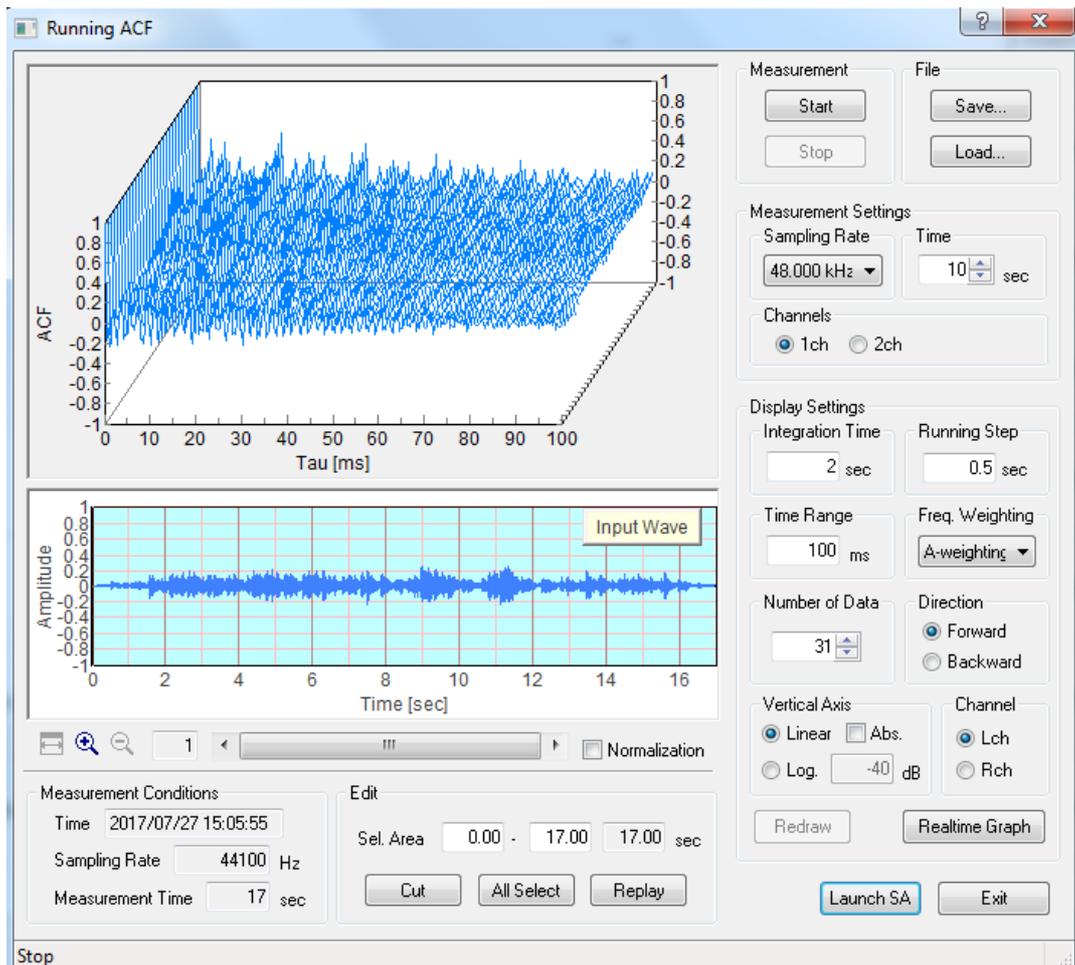
Figura 34. Ventana del Realtime Analyzer (RA) usando el módulo de “Running ACF”.



Fuente: Elaboración Propia.

Luego de haber seleccionado el módulo de “Running ACF” se mostrará la siguiente pantalla:

Figura 35. Ventana del “Running ACF” en donde se visualiza lo grabado en tiempo real o lo cargado en un archivo (.WAV)



Fuente: Elaboración Propia.

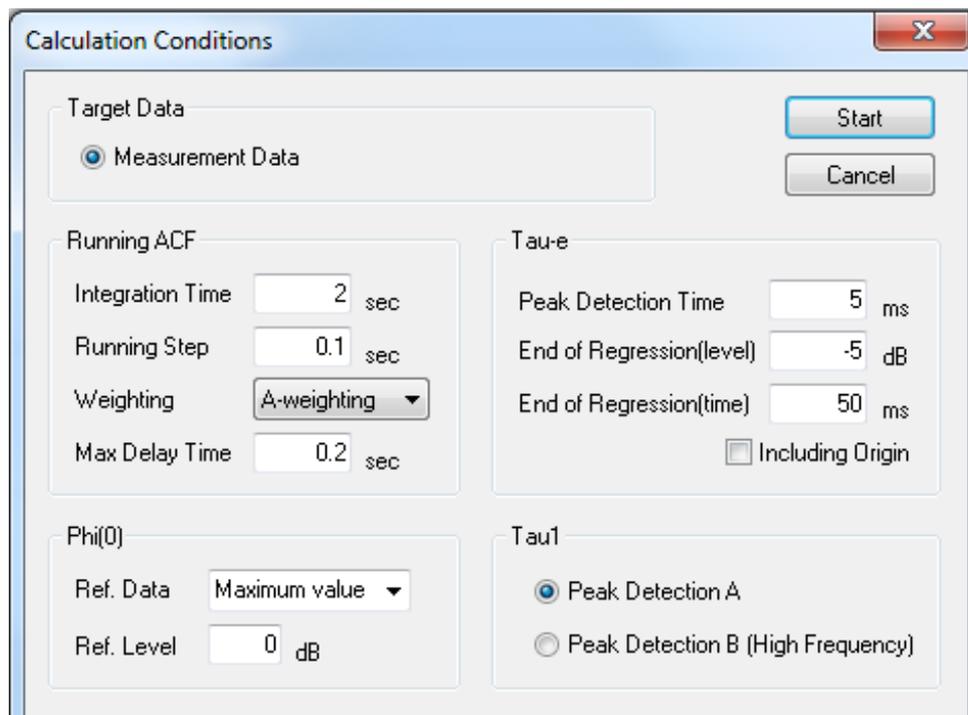
En la *Figura 35* se visualiza una ventana la cual permite manejar dos opciones de medición ACF diferente. La primera consiste en una grabación en tiempo real el cual le permite analizarla tan pronto es finalizada la grabación, en esta grabación puede seleccionar parámetros como sampling rate, tiempo de grabación, número de canales, tiempo de integración, pasos de medición, rango de tiempo y frecuencia de ponderación. En esta interfaz se eligió bajo un criterio una serie de parámetros para su respectivo análisis. Finalmente, se trabajará con la segunda opción la cual consiste en cargar una de las seis muestras musicales fragmentadas. Recordemos que antes de cargar estas obras, el

formato de audio debe ser (.WAV) con una frecuencia de muestreo de 44.1KHz y una resolución de 16 Bits para un correcto análisis en el software.

En la misma ventana de la *Figura 35* se encuentra la opción “Load...” la cual permite cargar el archivo de audio para analizarla posteriormente.

Una vez cargada la primera obra musical mostrará la siguiente pantalla:

Figura 36. Parámetros iniciales para el análisis de la muestra A del programa r-ACF.



Fuente: Elaboración Propia.

En la *Figura 36* se establecen los valores que se usarán en las seis muestras musicales y serán explicadas a continuación:

Integration Time: Traduce el tiempo de integración y se define como el retardo entre la muestra comparada consigo misma. (< “El cerebro humano captura la música por una ventana de tiempo de 2-3 segundos” > (Sakurai, 2003) por esta razón asignamos un tiempo de integración de 2 segundos.

Running Step: Traduce el paso de ejecución y se define como el intervalo de cálculo en donde analiza la muestra hasta finalizarla. Para un tiempo de integración de 2 segundos

se ejemplifica en el texto “Auditory and visual Sensations de Yoichi Ando – Pág. 17” un paso de 100ms para el análisis.

Weighting: se define como la ponderación en frecuencia y se decide realizar el análisis en A-Weighting y en Flat.

Max. Delay Time: Traduce el tiempo de retardo máximo y se define como la máxima diferencia entre la misma muestra al analizarse. Se asigna un valor de 200ms debido a que el paso de ejecución está en 100ms.

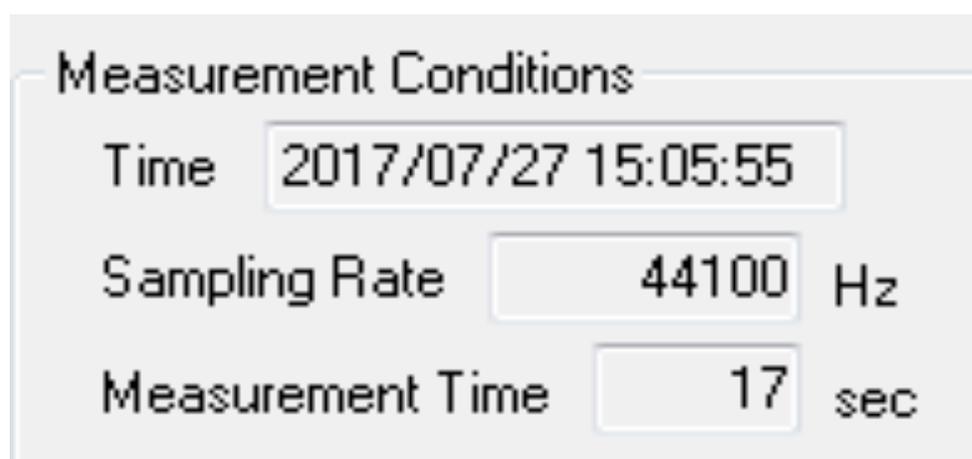
Los datos explicados fueron los que se modificaron para obtener el análisis de los parámetros de la función de autocorrelación tales como (τ_e , τ_1 , $\Phi(0)$ y $\Phi(1)$).

Nota: Recordemos que los parámetros de la figura 36 son los mismos para las seis obras musicales fragmentadas.

Una vez seleccionada la “muestra A” se comprobará en la parte inferior izquierda de la *Figura 35*. Las condiciones del archivo cargado como “muestra A”.

A continuación se muestran las condiciones de la muestra A teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente con la edición y masterización de los archivos.

Figura 37. Condiciones iniciales de la muestra A cargada en “running ACF”.



Fuente: Elaboración Propia.

Después de comprobar que el archivo es correcto y con la duración de la muestra musical (A) se procede ir al siguiente módulo SoundAnalyzer (SA). El cual permitió definir los

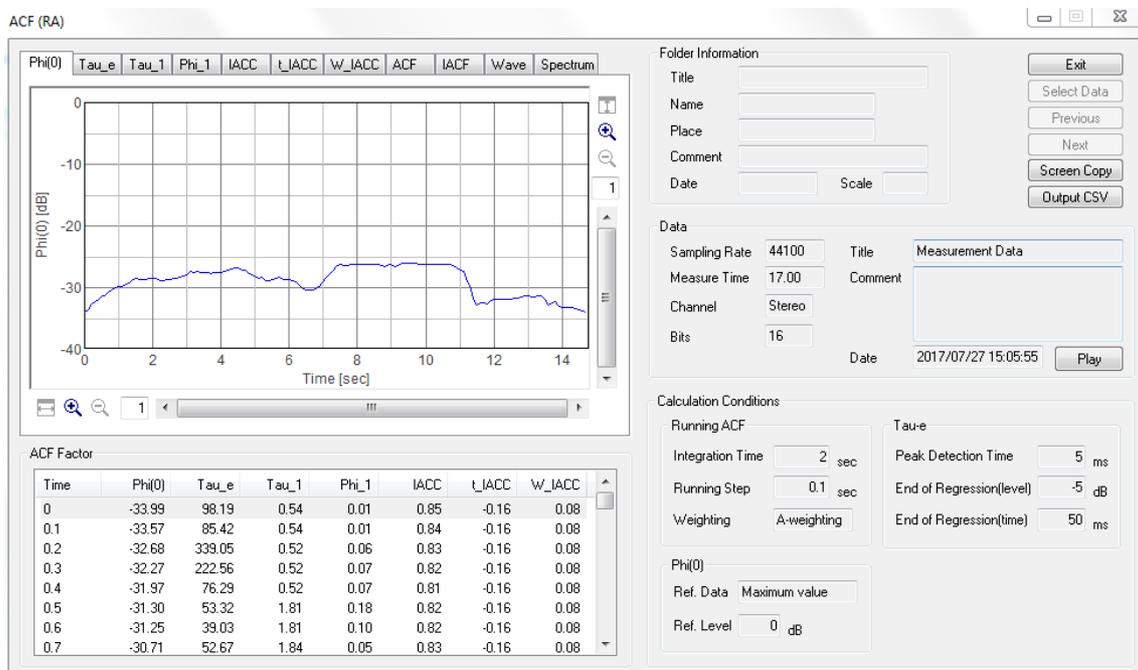
parámetros iniciales para la función de autocorrelación teniendo en cuenta variables, tiempos y demás.

Figura 38. Arranque del módulo SoundAnalyzer (SA) dentro del (RA).



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 39. Ventana con el análisis de r-ACF respectivo de la muestra A.



Fuente: Elaboración Propia.

Una vez en la Figura 34 se exportaron los datos que se muestran en la ventana “ACF Factor” con el botón Output CSV, automáticamente estos datos se exportan en formato (.xls) para el respectivo análisis.

Nota: Este proceso se repite para las seis muestras musicales desde la figura 34.

5.2.2. Estadística descriptiva

Para cada uno de los parámetros calculados (parámetros de la r-ACF) en cada muestra musical, fue necesario realizar un análisis de estadística descriptiva con el fin de correlacionar estos datos con la escala de preferencia subjetiva en la **Sección 5.1**.

“La estadística descriptiva permite organizar y presentar un conjunto de datos de manera que describan en forma precisa las variables analizadas haciendo rápida su lectura e interpretación.” (Baray, 2006)

Los datos estadísticos calculados para cada uno de los cuatro parámetros de la función de autocorrelación de cada muestra de audio fueron:

- Mínimo
- Máximo
- Moda
- Media
- Mediana
- Percentil 10
- Percentil 90
- Diferencia de percentiles (L10-L90)
- Promedio de desviaciones absolutas
- Desviación estándar
- Rango

Los resultados de estos datos se encuentran adjuntados al **Anexo D**.

A continuación se presentan los datos en donde se obtuvo una correlación significativa con los datos de la escala de preferencia subjetiva (**Tabla 11**).

Tabla 11. Datos estadísticos con correlación calculados de la r-ACF en Ponderación A.

| Ponderacion A | | | | | | |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Estadístico | Audio A | Audio B | Audio C | Audio D | Audio E | Audio F |
| Moda (τ_e) [ms] | 76,39 | 31,18 | 11,62 | 106,99 | 116,33 | 65,16 |
| Media (τ_e) [ms] | 119,487117 | 120,798119 | 64,9394152 | 132,109945 | 108,115333 | 123,220904 |
| L10-L90 (τ_e) [ms] | 135,56 | 153,562 | 93,53 | 166,03 | 150,806 | 172,99 |
| Rango (ϕ_1) [dB SPL] | 0,94 | 0,94 | 0,91 | 0,98 | 0,97 | 1 |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12. Datos estadísticos con correlación calculados de la r-ACF en Ponderación FLAT.

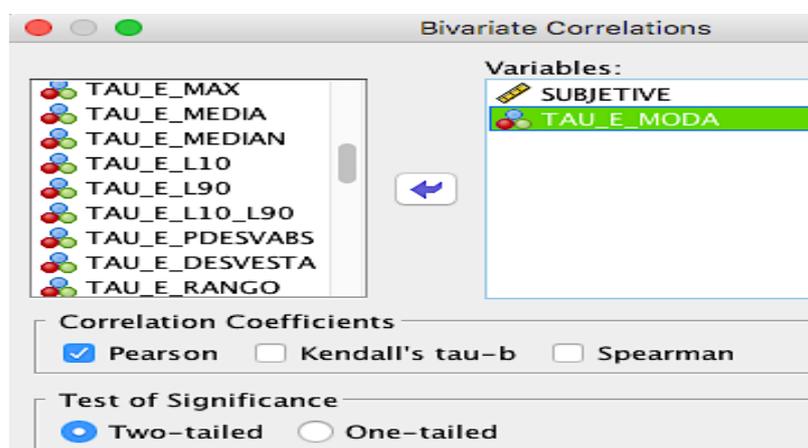
| Ponderacion Flat | | | | | | |
|--------------------------|-------|---------|-------|--------|--------|--------|
| Mediana (τ_e)(ms) | 95,26 | 109,745 | 55,27 | 106,72 | 98,245 | 116,31 |

Fuente: Elaboración Propia.

5.3. Correlaciones

Una vez se calcularon los parámetros del análisis estadístico descriptivo, derivados de la r-ACF y la escala de preferencia subjetiva se procede a calcular mediante el software SPSS STATISTICS las respectivas correlaciones. El software SPSS STATISTICS en su interfaz gráfica permite organizar todas las variables en columnas. Este programa brinda la opción de seleccionar dos tipos de correlacion como bivariadas o parciales, así como también distintos tipos de coeficientes de correlación (Spearman, Pearson y Kendall's Tau-b) y pruebas de significancia como se muestra en la *Figura 40*.

Figura 40. Ventana con el análisis de r-ACF respectivo de la muestra A.



Fuente: Elaboración Propia.

Para este estudio se realizaron correlaciones bivariadas con coeficientes de Pearson, Spearman y pruebas de significancia bilaterales. Se correlacionó la escala de preferencia subjetiva con cada una de las variables estadísticas.

Nota: Una adecuada técnica para leer e interpretar los valores de correlacion son las gráficas de dispersión. (Baray, 2006)

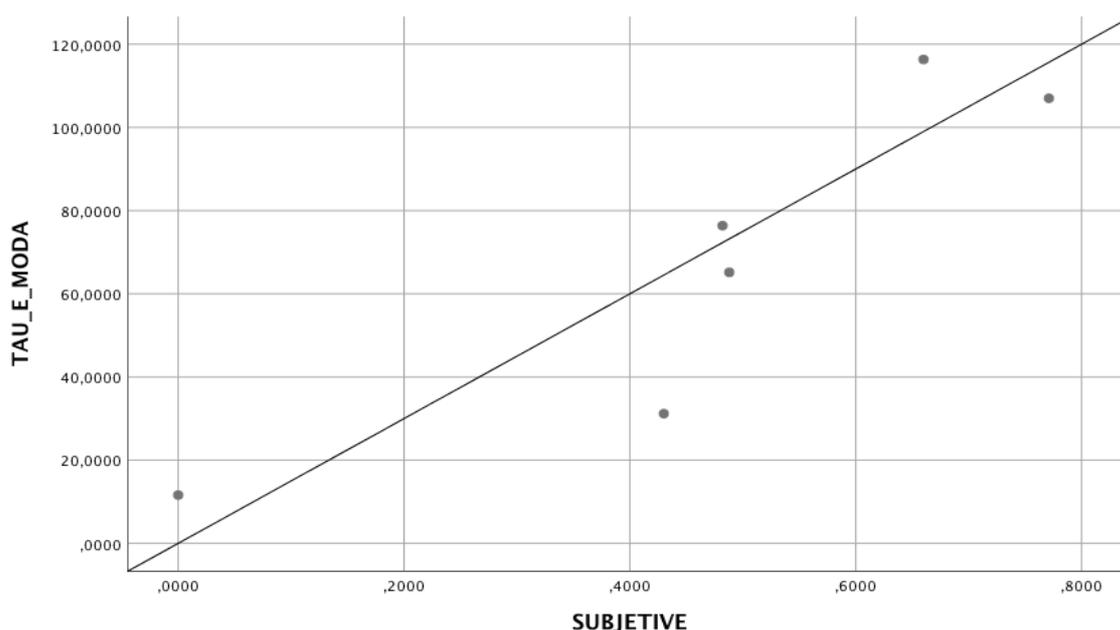
A continuación, se presentan los coeficientes de correlación y las gráficas de dispersión de los parámetros que presentaron un nivel de significancia menor o igual a 0.05, lo cual representa una confianza del 95%.

Tabla 13. Coeficiente de correlación de Pearson entre la moda en Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A).

| | | SUBJETIVE | TAU_E_MODAL A |
|-------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| SUBJETIVE | Correlación de Pearson | 1 | ,899 ^{**} |
| | Sig. (bilateral) | | ,015 |
| | N | 6 | 6 |
| TAU_E_MODAL | Correlación de Pearson | ,899 ^{**} | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,015 | |
| | N | 6 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 41. Correlación de Pearson entre la moda de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A).



Fuente: Elaboración Propia.

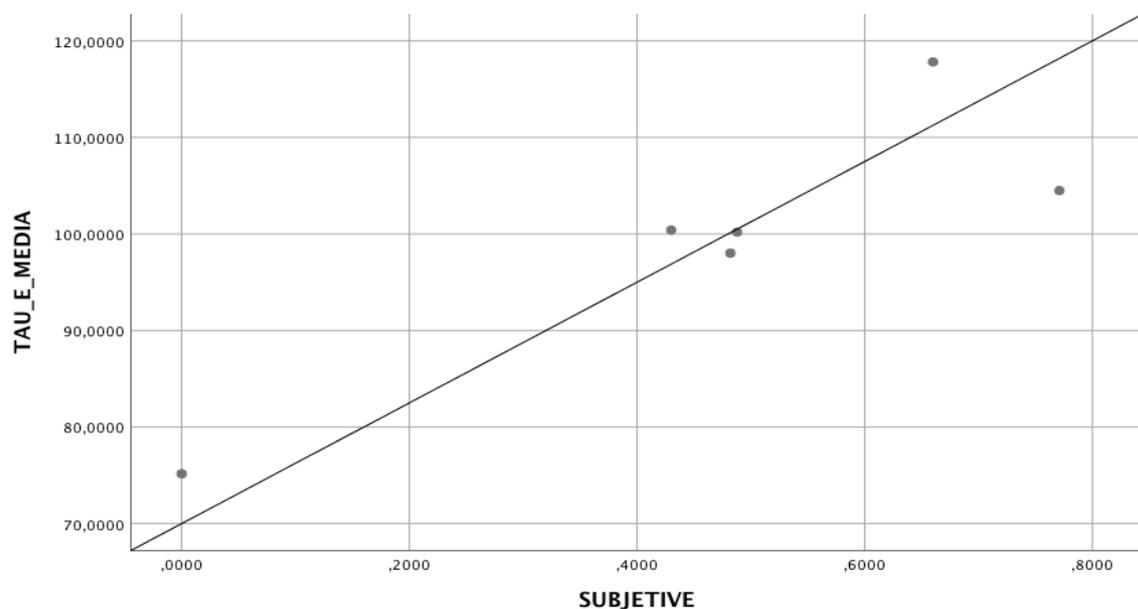
Siendo la moda, la observación que se presenta con mayor frecuencia en una serie de puntuaciones, en la *Tabla 13* se observa la correlación de la variable subjetiva con respecto a la moda observada en el parámetro τ_e , en donde se logró encontrar un coeficiente de correlación de Pearson positivo de 0.899 con un grado de significancia de 0.015. Los datos obtenidos para la moda en τ_e de la muestra D (la muestra más preferida) es de 106.99 ms y la muestra C (la muestra menos preferida) es de 11,62 ms; lo cual evidencia que es preferida una muestra musical con un valor de τ_e más alto. Lo anterior se hace visible en la *Figura 41*.

Tabla 14. Coeficiente de correlación de Pearson entre la media de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A).

| | | SUBJETIVE | TAU_E_MEDIA |
|-------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| SUBJETIVE | Correlación de Pearson | 1 | ,861 [*] |
| | Sig. (bilateral) | | ,028 |
| | N | 6 | 6 |
| TAU_E_MEDIA | Correlación de Pearson | ,861 [*] | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,028 | |
| | N | 6 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 42. Correlación de Pearson entre la media de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A).



Fuente: Elaboración Propia.

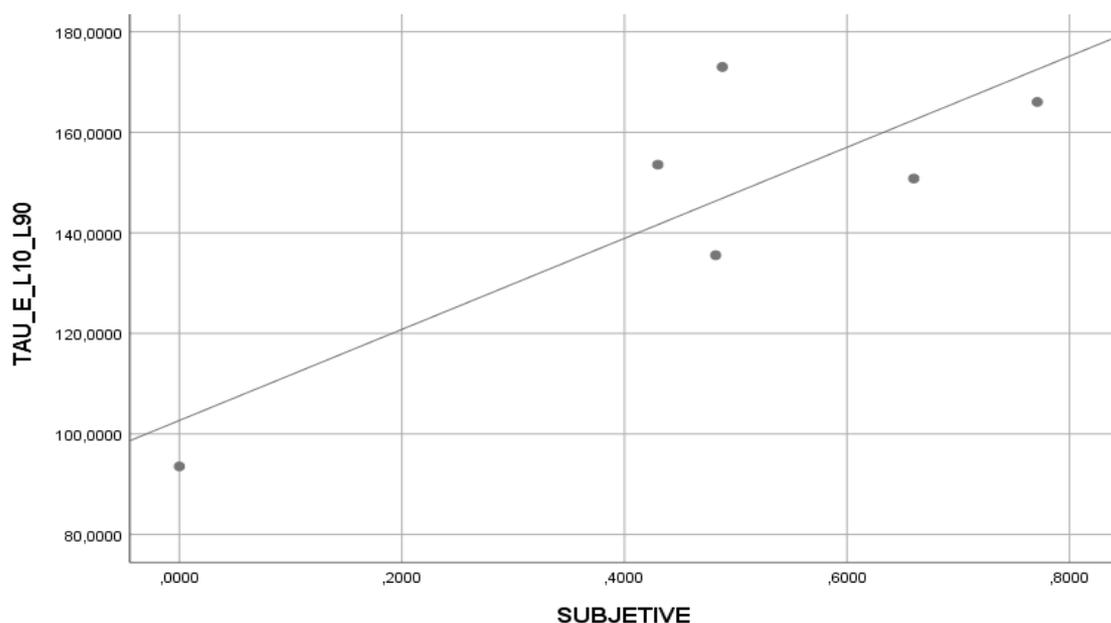
Sabiendo que la media se define como el promedio de un conjunto de observaciones o puntuaciones (Baray, 2006), en la *Tabla 14* se correlaciona la variable subjetiva respecto a la media observada, en el parámetro τ_e media se logró encontrar un coeficiente de correlación de Pearson positivo de 0.861 con un grado de significancia de 0.028, lo cual brinda información acerca de la preferencia en relación con la duración efectiva de la r-ACF, que representa que a pequeños valores de τ_e el sonido es menos reverberante, en consecuencia, observando la *Figura 42* se determina en los encuestados que a mayor tiempo efectivo de duración (τ_e) de la r-ACF mayor agrado en la muestra musical.

Tabla 15. Coeficiente de correlación entre la diferencia de percentiles (L10-L90) de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A).

| | | SUBJETIVE | TAU_E_L10_L90 |
|---------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| SUBJETIVE | Correlación de Pearson | 1 | ,839 [*] |
| | Sig. (bilateral) | | ,037 |
| | N | 6 | 6 |
| TAU_E_L10_L90 | Correlación de Pearson | ,839 [*] | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,037 | |
| | N | 6 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 43. Correlación de Pearson entre la diferencia de percentiles y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A).



Fuente: Elaboración Propia.

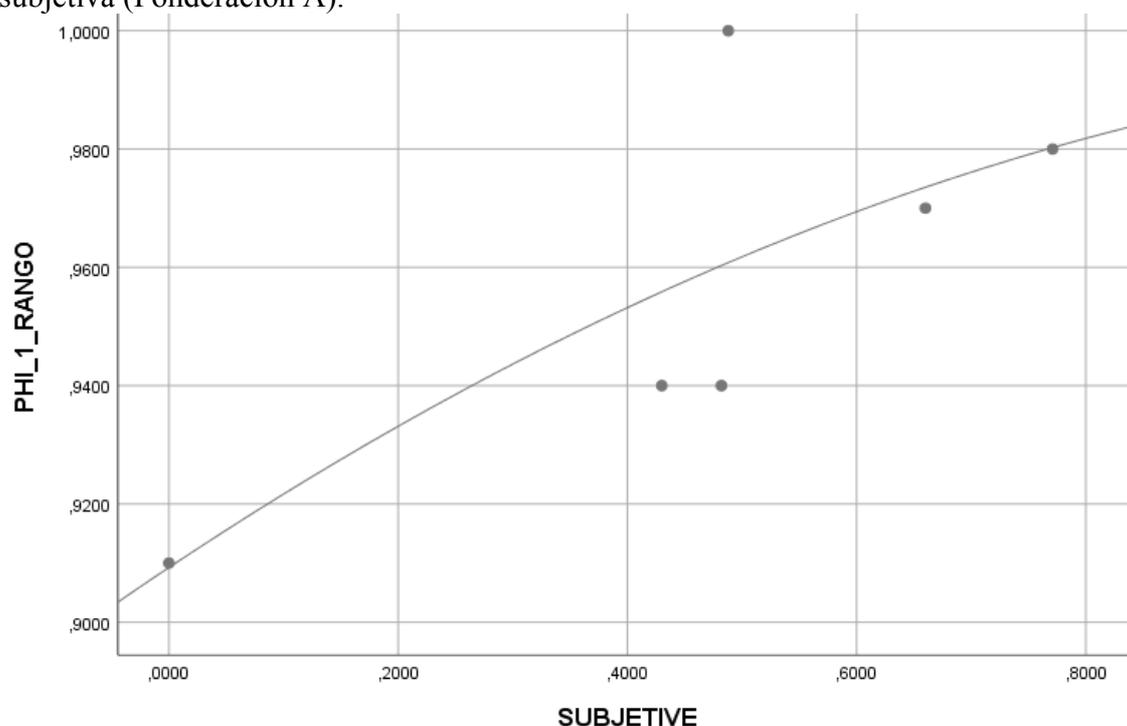
El rango entre percentiles 10 – 90 permite conocer los valores extremos entre los cuales se ubica el 80% de los datos, al eliminar un decil (10%) en ambos extremos. Este parámetro brinda información acerca de la dispersión en el 80% del conjunto de datos, dando como resultado que a mayor dispersión en los valores de la duración efectiva (τ_e) mayor preferencia en la muestra musical, siendo la muestra D la preferida con un valor de 166.03 y la muestra C rechazada con un valor de 93.53.

Tabla 16. Coeficiente de correlación de Spearman entre el rango de Phi_1 y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A).

| | | SUBJETIVE | | PHI_1_RANG O |
|-----------------|-------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| Rho de Spearman | SUBJETIVE | Coeficiente de correlación | 1,000 | ,812 [*] |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,050 |
| | | N | 6 | 6 |
| | PHI_1_RANGO | Coeficiente de correlación | ,812 [*] | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,050 | . |
| | | N | 6 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 44. Correlacion de spearman entre el rango de Phi-1 y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación A).



Fuente: Elaboración Propia.

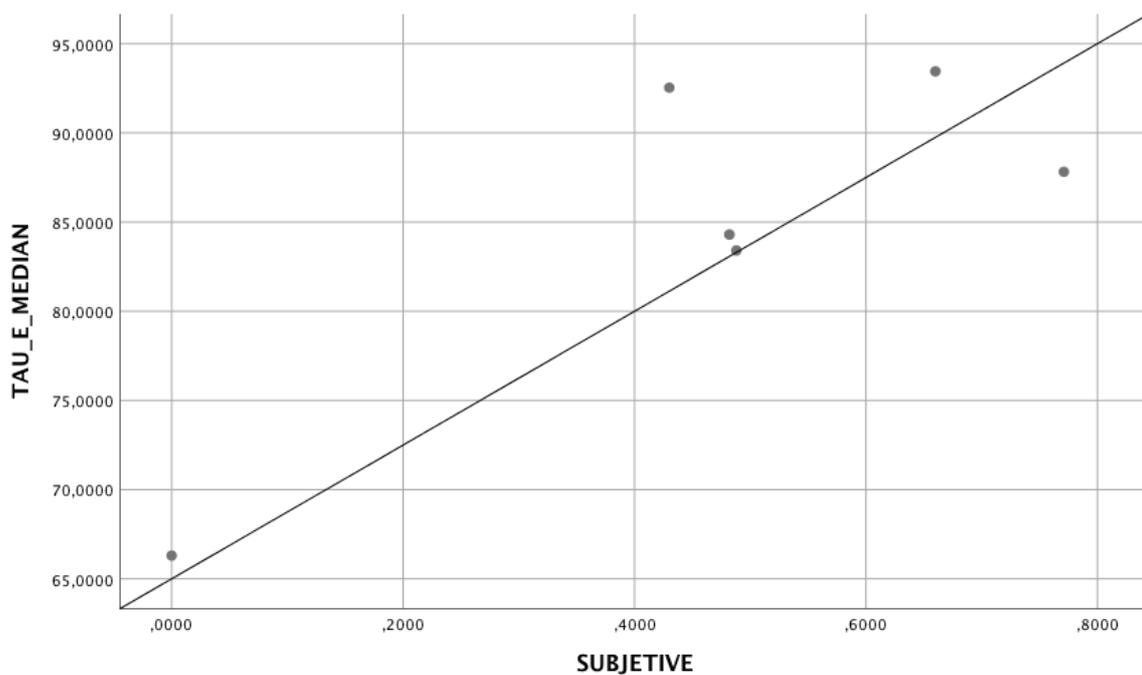
El rango permite tener una idea de la dispersión de una serie de datos, en la *Tabla 16* se correlaciona la variable subjetiva respecto al rango observado en el parámetro φ_1 , se logró encontrar un coeficiente de correlación de Spearman positivo de 0.812 con un grado de significancia de 0.050. Una mayor dispersión de intensidad de tono percibida (φ_1) dará como resultado un mayor agrado sobre una muestra musical. Esto se puede observar en la *Figura 44*.

Tabla 17. Coeficiente de correlación entre la mediana de Tau_e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación FLAT).

| | | SUBJETIVE | TAU_E_MEDI AN |
|------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| SUBJETIVE | Correlación de Pearson | 1 | ,835 [*] |
| | Sig. (bilateral) | | ,039 |
| | N | 6 | 6 |
| TAU_E_MEDI AN | Correlación de Pearson | ,835 [*] | 1 |
| | Sig. (bilateral) | ,039 | |
| | N | 6 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 45. Correlación de Pearson entre la mediana de Tau-e y la escala de preferencia subjetiva (Ponderación Flat).



Fuente: Elaboración Propia.

Como se mencionó con anterioridad las correlaciones se realizaron en ponderación A y FLAT. Para esta última correlación se obtuvo en la ponderación FLAT.

En la *Tabla 17* se visualiza la correlación obtenida entre la variable subjetiva y el parámetro τ_e mediana de la r-ACF dando como resultado un coeficiente de Pearson de 0.835 y un grado de significancia de 0.039. La mediana se localiza en el centro de un conjunto de observaciones presentadas en una serie ordenada de datos. Finalmente se determina en los encuestados que un mayor tiempo efectivo de duración representado por la variable (τ_e) de la r-ACF evidenciará un mayor agrado en la muestra musical.

Los datos obtenidos para la mediana en τ_e de la muestra D (la muestra más preferida) es de 87.82 ms y la muestra C (la muestra menos preferida) es de 66,30 ms.

Nota: Estos datos de estadística descriptiva se observan en el Anexo D.

A continuación se muestra la tabla de resumen en donde se encuentran todas las correlaciones presentadas en esta investigación.

| CORRELACIONES PRESENTADAS | | | | | | |
|---------------------------|---------------|-------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | | TAU_E_MODAL | TAU_E_MEDIA | TAU_E_L10-L90 | PHI_1_RANGO | TAU_E_MEDIANA |
| Subjetive | Tipo de Coef. | PEARSON | PEARSON | PEARSON | SPEARMAN | PEARSON |
| | Coeficiente | 0,899 | 0,869 | 0,839 | 0,812 | 0,835 |
| | Significancia | 0,015 | 0,028 | 0,037 | 0,05 | 0,039 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |

Tabla 18. Tabla de resumen de las correlaciones presentadas.

CONCLUSIONES

- Se encontró una relación directa entre los parámetros τ_e y φ_1 de la r-ACF y la preferencia subjetiva sobre una población específica. τ_e representa la duración efectiva de la ACF y confirma que es influyente en la preferencia de un oyente, siendo un descriptor de que tan rápida o lenta puede ser una obra musical. También es evidente la relación entre el parámetro φ_1 y la preferencia subjetiva, este parámetro representa la intensidad de tono percibida y llega a determinar atributos como peridiocidad tonal en música andina colombiana.
- Para el parámetro rango, calculado en φ_1 sobre el cual se encontró una correlación positiva moderada, es posible afirmar que entre más alta sea la variabilidad en la percepción tonal (φ_1) de una obra musical, la preferencia hacia dicha obra aumentará, concluyendo así que si el valor de φ_1 -rango calculado de una obra musical es más alto que el calculado sobre una segunda obra, la obra preferida será la primera.
- Según los resultados de los test subjetivos, los encuestados tuvieron una preferencia hacia el estímulo D y un rechazo hacia el estímulo C. A partir de esto se puede afirmar que los sujetos encuestados prefieren una obra musical lenta y calmada, lo cual deriva de un τ_e alto respecto al estímulo más rechazado.
- Las correlaciones se analizaron usando dos tipos de ponderación (A y FLAT), se observó que el tipo de ponderación A se ajustó al tipo de estudio desarrollado en esta investigación, esto como resultado de que el filtro de ponderación A es el que se adapta al filtrado frecuencial que realiza el oído humano.
- Se determinó usar la ley de juicio comparativo de León Thurstone el cual permite hallar las distancias entre estímulos en una escala lineal, el cual parte de las elecciones derivadas de una lista de comparaciones entre estímulos. El análisis matricial expuesto por González permitió definir los valores de preferencia para cada muestra musical. Siendo las muestras C, B, A, F, E y D respectivamente el orden de menor a mayor preferencia subjetiva.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el estudio con otro tipo de género musical con el fin de determinar si las correlaciones obtenidas en este estudio se obtienen también en otros estilos musicales.
- Implementar el método de escalamiento subjetivo de León Thurstone ya que es el método centrado en los estímulos siendo óptimo para este tipo de investigaciones.
- Realizar otro tipo de parametrización que permita conocer con más certeza la preferencia de un oyente, se sugiere una prueba de encefalograma en la cual evalué el agrado y la atención de la persona ante los estímulos presentados.
- Desarrollar el estudio usando muestras de audio grabadas bajo las mismas condiciones tanto acústicas como de edición y mezcla, esto con el fin de normalizar todas las muestras como objeto de estudio.
- Se recomienda implementar el pistofono original de la cabeza binaural Córtez MK2B para una óptima calibración en mediciones como respuesta de frecuencia, sensibilidad, etc.
- En la aplicación de la encuesta se sugiere interrogar parámetros psicoacústicos con el fin de desarrollar un estudio más detallado acerca de la preferencia musical de los sujetos encuestados.

BIBLIOGRAFÍA

- Ambardar, A. (2002). *Procesamiento de señales analógicas y digitales*. México D.F: Thomson Editores.
- Ando, Y. (2009). *Auditory and visual sensations*. New york: Springer.
- Sabater, A. (2015). Estudio de la relación entre las emociones generadas y parámetros de la función de autocorrelación continua. *Congreso Argentino de Acústica*, 1-10.
- Montgomery, A., & Wendy, M. (2002). Should Music Labels Pay for Radio Airplay? Investigating the Relationship Between Album Sales and Radio Airplay. *Carnegie Mellon University*, 1-33.
- Pachet, F. (2011). Hit song science. En T. Li, M. Ogihara, & G. Tzanetakis, *Music data mining* (págs. 305-326). Florida: Chapman & Hall / CRC Press.
- Rojas, C. A. (2009). *Análisis Psicoacústico de producciones audiovisuales*. Tesis de Pregrado, Universidad San Buenaventura Sede Bogotá , Bogotá .
- Young, P. T. (1946). *La emoción en el hombre y en el animal*. Buenos Aires: Nova.
- Percepción. (2013). *Scribd*. Recuperado el 15 de Julio de 2017, de Scribd: <https://es.scribd.com/document/269774519/La-Percepcion>
- Carlson, N. R. (1996). *Fundamentos de Psicología Fisiológica*. México, México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- Rodríguez, A. (2005). *Conceptos básicos de la Psicoacústica* . Instituto de Ingeniería Eléctrica , Facultad de Ingeniería . Montevideo: UDELAR.
- Morosini, E. (5 de Junio de 2012). *SlideShare*. (Facultad de Psicología, Especialidad Clínica) Recuperado el 15 de Abril de 2017, de SlideShare: <https://es.slideshare.net/EnriqueMorosini/escala-de-thurstone>
- Martínez, C. C. (2015). *Coficiente de correlación lineal de Pearson*. Universidad de Sevilla, Psicología Experimental . Sevilla: Análisis de datos en psicología II. Recuperado el 23 de Agosto de 2017, de Análisis de datos en psicología: <https://personal.us.es/vararey/adatos2/correlacion.pdf>
- Kato, K., Fujii, K., Hirawa, T., Kawai, K., Yano, T., & Ando, Y. (2006). Investigation of the relation between minimum effective duration of running autocorrelation function and operatic singing with different interpretation styles. *Journal of temporal design in architecture and the environment.*, 35-48.
- Sato, S.-i., You, J., & Yong Jeon, J. (1 de Agosto de 2007). Sound Quality Characteristics of refrigerator noise in real living environments with relation to psychoacoustical and autocorrelation parameters. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122, 314-325.

- Lizama, P., & Giorgio Boccardo. (2014). *Guía de Asociación entre variables (Pearson y Spearman en SPSS)*. Universidad de Chile , Departamento de Sociología. Chile: Universidad de Chile.
- Colombia-SA. (2017). *Colombia-SA*. Recuperado el 24 de Agosto de 2017, de Música de Colombia-SA: <http://www.colombia-sa.com/musica/musica.html>
- Echeverri, A. M. (31 de Julio de 2014). *La interpretación de la música*. Recuperado el 24 de Agosto de 2017, de Región Andina: <http://dsfkdhkrd.blogspot.com.co/2014/07/region-la-interpretacion-de-la-musica.html>
- Ochoa, R. (12 de Octubre de 2012). *La cuerda*. Recuperado el 24 de Agosto de 2017, de La cuerda: <http://lacuerda.net/Recursos/articulos/?page=1-1>
- Nestor, J. (12 de Octubre de 2009). *Un tiple y un corazón* . Recuperado el 24 de Agosto de 2017, de El Tiple Colombiano: <http://eltiplecolombiano.blogspot.com.co/search/label/El%20Tiple%20Colombiano>
- Rey Mora , D., & Gil González, L. (2013). *Valoración subjetiva de las preferencias acústico-musicales del bambuco y pasillo colombiano*. Universidad de San Buenaventura , Ingeniería de Sonido . Bogotá: Ingeniería de Sonido .
- González, M. d. (2015). *Bambuco La música de Colombia*. Recuperado el 24 de Agosto de 2017, de Bambuco: <http://bambuco.org/index.html>
- Levitin, D. J. (2008). *Tu cerebro y la música : el estudio científico de una obsesión humana*. (J. M. Flórez, Trad.) Barcelona, España: RBA Libros.
- Wikipedia. (7 de Marzo de 2017). *Wikipedia*. Recuperado el 11 de Abril de 2017, de Wikipedia: La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Pedro_Morales_Pino
- Baray, H. L. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación* (Eléctronica ed.). Chihuahua, México: Universidad de Guadalajara.
- Orozco, M. G. (2014). *Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales : estudio de análisis musical a la obra de Álvaro Romero Sánchez*. Bogotá, Colombia: Chaco World Music, Ministerio de Cultura.
- Sakurai, M. (Abril de 2003). *YMEC*. Recuperado el 28 de Agosto de 2017, de Introduction to sound measurement: <http://www.ymec.com/hp/signal2/car2.htm>
- Sato, S.-i. (2011). *Practical Application of Autocorrelation Function ACF Analysis*. Universidad Nacional de Tres de Febrero, Ingeniería de Sonido. Buenos Aires: Caseros.
- Tokuhama Espinosa, T., & Willis, J. (2011). *Mind, brain and education science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching*. . New York, EEUU: Norton.

GLOSARIO

PREFERENCIA SUBJETIVA: Es la inclinación, predilección o elección que tiene un estímulo A en comparación con el estímulo B para una persona o población específica.

FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN (ACF): Se define como el análisis del dominio del tiempo que es capaz de detectar eventos periódicos mejor que el análisis de frecuencia convencional. Esta función mide la similitud entre una señal y una versión de retardo de sí misma en busca de auto-similitud en el tiempo. Se ha encontrado que la función de autocorrelación está fuertemente relacionado con la evaluación subjetiva del sonido.

R-ACF: Se traduce como función de autocorrelación continua y se obtiene mediante el método FFT basado en el teorema de Wiener-Khinchine después de obtener el espectro de la densidad de energía para una señal.

TAU E (t_e) : Duración efectiva de la función de autocorrelación, definida por el tiempo de retardo en el que la envolvente de ACF normalizada se hace y luego permanece más pequeña que 0,1.

TAU 1 (t_1) : Tiempo de retardo del primer pico de la muestra en la función de autocorrelación.

PHI 1 (φ_1): Amplitud en el primer pico principal en el retardo t_1 en ACF.

PHI 0 (φ_0): Amplitud inicial de la muestra.

CORRELACIÓN: Correspondencia o relación entre dos o más ideas, valores, parámetros, etc.

ESCALAMIENTO: Herramienta en la que se organizan datos y características en orden ascendente para evaluar y estudiar determinadas teorías o técnicas de análisis estadísticos.

ESCALA DE PREFERENCIA SUBJETIVA: Escala en orden ascendente que se obtuvo a partir del método de ley de juicio comparativo de León Thurstone de 30 personas encuestadas para las 6 muestras de música andina colombiana.

OBRA MUSICAL: Es un arte creado por un compositor en hojas de pentagrama. Sus elementos esenciales son la melodía y la armonía. Se puede visualizar en este trabajo de investigación en el Anexo A.

MUESTRA MUSICAL: Se refiere al fragmento analizado de la obra musical, seleccionado para representar cada uno de los seis estímulos del ritmo bambuco.

ANEXOS

ANEXO A. PARTITURAS DE LAS 6 OBRAS SELECCIONADAS.

Figura 1. Partitura de la Muestra A.

Flor de romero

Moderate ♩ = 120

The musical score for 'Flor de romero' is presented in four systems, each with a Bandola staff on top and a Guitarra staff on the bottom. The music is in 6/8 time and a key signature of one flat (B-flat major or D minor). The tempo is marked 'Moderate' with a quarter note equal to 120 beats per minute. The score begins with a first-measure rest for both instruments, followed by a repeat sign. The melody for the Bandola is written in a treble clef, while the guitar accompaniment is in a bass clef. The piece concludes with a double bar line and repeat dots at the end of the fourth system.

Fuente: García Orozco, M. (2014). *Flor de Romero [Partitura]*. En M. García Orozco, *Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales*. (Pág. 197-287). Bogotá: Ministerio de Cultura. Programa de Estímulos, 2014.

Figura 2. Partitura de la Muestra B.

Festival del aire

Moderate ♩ = 150

The musical score is arranged in three systems, each with a Bandola and Guitarra part. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 6/8. The tempo is marked 'Moderate' with a quarter note equal to 150 beats per minute. The score includes first and second endings for both instruments. In the third system, the Bandola part has an 8va (octave) marking with a dashed line above it. The Guitarra part features a complex rhythmic accompaniment with many beamed eighth and sixteenth notes.

Fuente: *García Orozco, M. (2014). Festival del Aire [Partitura]. En M.García Orozco, Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales. (Pág. 197-287). Bogotá: Ministerio de Cultura. Programa de Estímulos, 2014.*

Figura 3. Partitura de la Muestra C.

Tiatino

Moderate ♩ = 150

The musical score for 'Tiatino' is presented in two staves, labeled 'Pista 1' and 'Pista 2'. The piece is in 6/8 time and marked 'Moderate' with a tempo of ♩ = 150. The key signature consists of two sharps (F# and C#). The score is divided into four systems. The first system begins at measure 1. The second system begins at measure 6. The third system begins at measure 11. The fourth system begins at measure 16 and concludes with a double bar line. Pista 1 contains the melodic line, while Pista 2 provides a rhythmic accompaniment with chords and single notes.

Fuente: García Orozco, M. (2014). *Tiatino [Partitura]*. En M. García Orozco, *Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales*. (Pág. 197-287). Bogotá: Ministerio de Cultura. Programa de Estímulos, 2014.

Figura 4. Partitura de la Muestra D.

Queja indígena

Moderate ♩ = 150

The musical score is arranged in four systems, each with a Bandola staff on top and a Guitarra staff on the bottom. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 6/8. The score begins with a first ending bracket (1) and ends with a second ending bracket (2). The Bandola part features a melodic line with various rhythmic values, including eighth and sixteenth notes, and rests. The Guitarra part provides a harmonic accompaniment with chords and rhythmic patterns, including a prominent eighth-note accompaniment in the first system.

Fuente: *García Orozco, M. (2014). Queja Indígena [Partitura]. En M. García Orozco, Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales. (Pág. 197-287). Bogotá: Ministerio de Cultura. Programa de Estímulos, 2014.*

Figura 5. Partitura de la Muestra E.

Esther

Moderate ♩ = 150

Bandola

Guitarra

Bandola

Guitarra

Bandola

Guitarra

Bandola

Guitarra

Fuente: *García Orozco, M. (2014). Esther [Partitura]. En M.García Orozco, Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales. (Pág. 197-287). Bogotá: Ministerio de Cultura. Programa de Estímulos, 2014.*

Figura 6. Partitura de la Muestra F.

Satanás

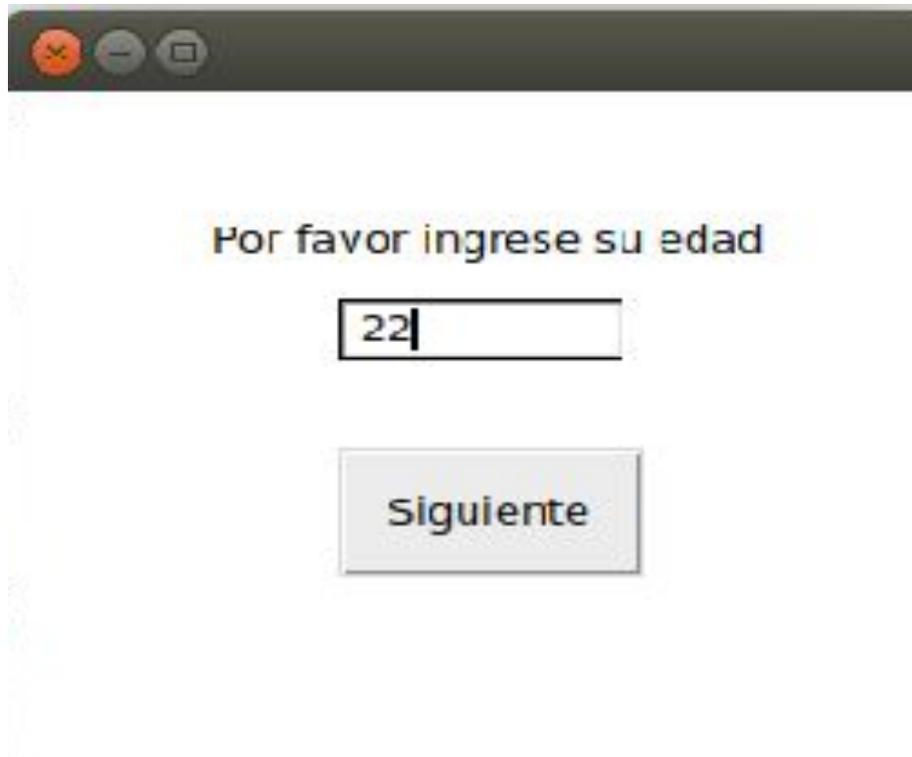
Moderate ♩ = 150

The musical score is arranged in four systems, each with a Bandola staff on top and a Guitar staff on the bottom. The key signature is one sharp (F#) and the time signature is 6/8. The score begins with a first ending bracket at measure 1. The Bandola part features a melodic line with eighth and sixteenth notes, while the Guitar part provides a rhythmic accompaniment with chords and single notes. A second ending bracket starts at measure 6. The third system begins at measure 11. The piece concludes with a final ending bracket at measure 16, which includes a double bar line and repeat dots.

Fuente: García Orozco, M. (2014). *Satanás [Partitura]*. En M.García Orozco, *Elementos estructurales del pasillo y el bambuco instrumentales*. (Pág. 197-287). Bogotá: Ministerio de Cultura. Programa de Estímulos, 2014.

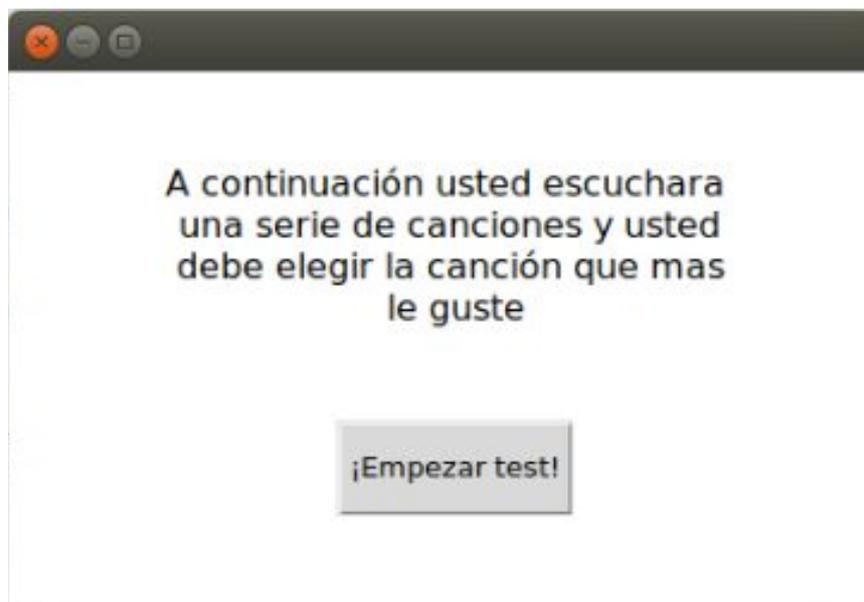
ANEXO B. TEST DE PREFERENCIA REALIZADO PARA EVALUAR LA PREFERENCIA SUBJETIVA DEL RITMO BAMBUCO EN LA MÚSICA ANDINA COLOMBIANA.

Figura 1. Ventana 1 del test de preferencia. (Edad).



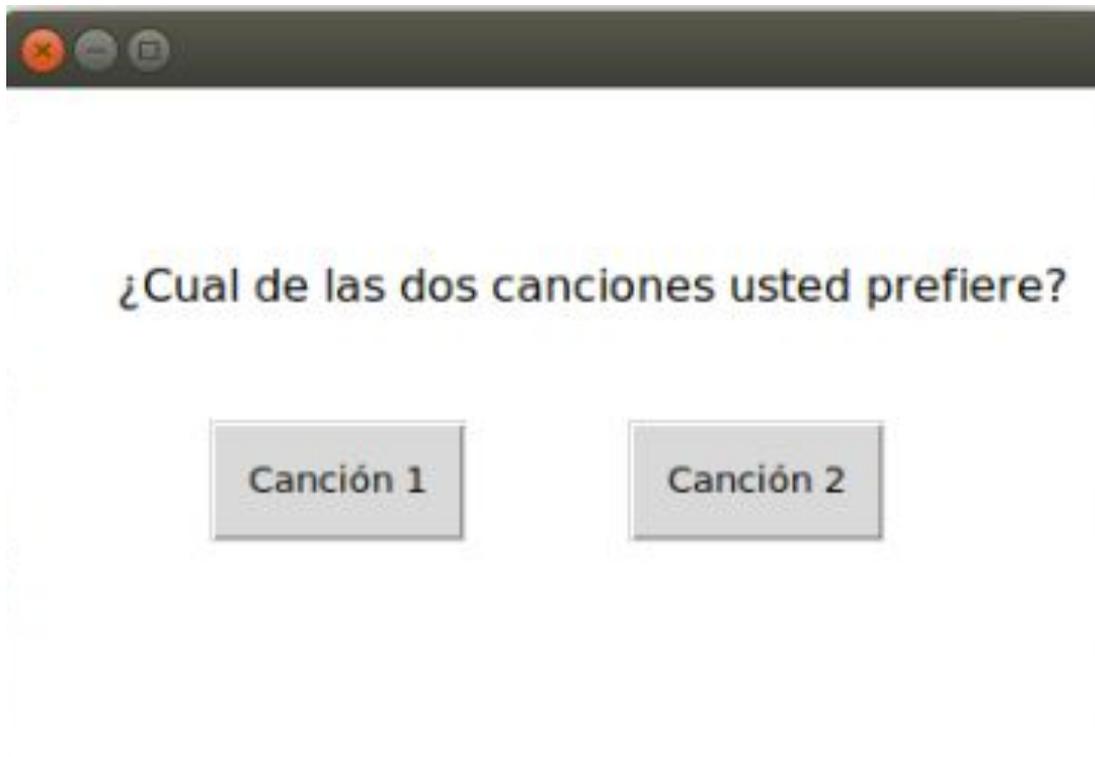
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2. Ventana 2 del test de preferencia. (Inicio).



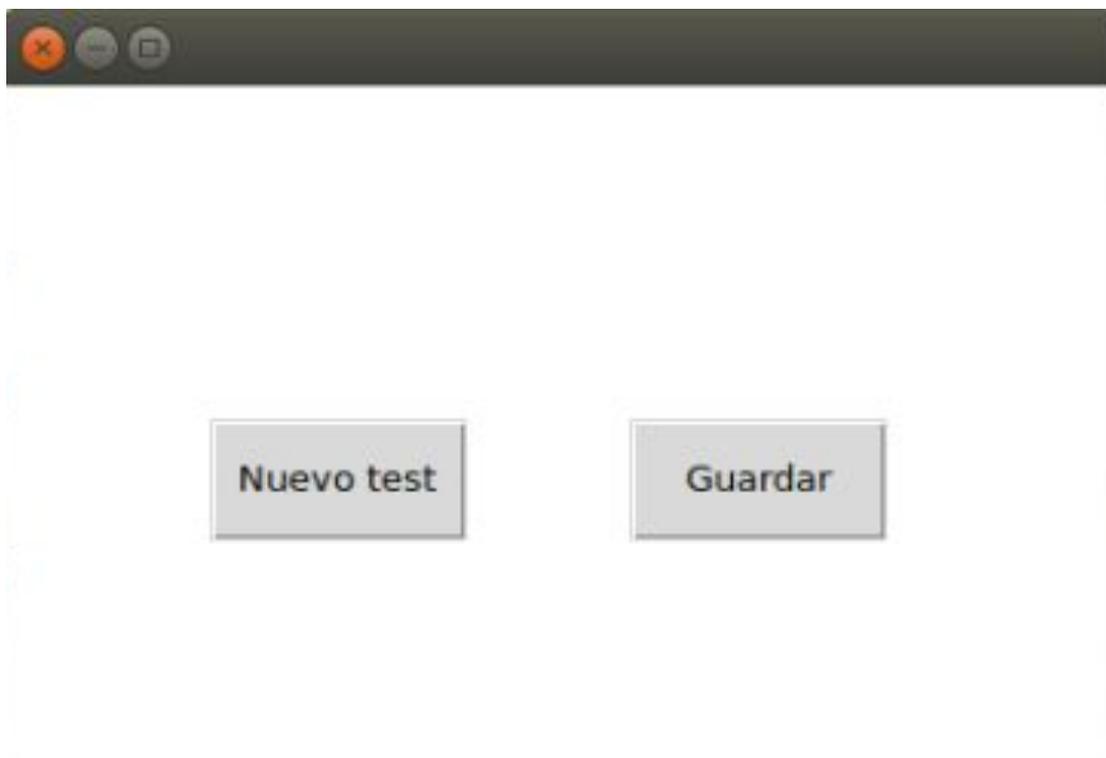
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3. Ventana 3 del test de preferencia. (Escucha de Muestras).



Fuente: Elaboración Propia.

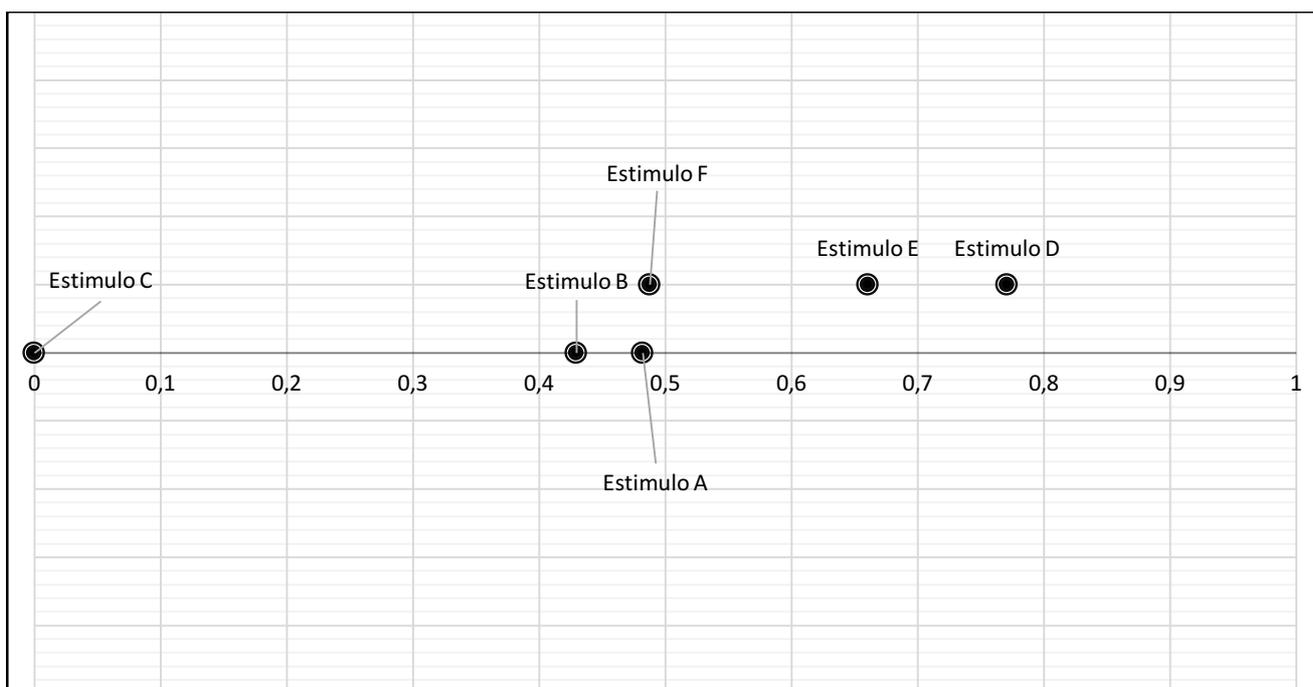
Figura 4. Ventana final del test de preferencia. (Exporta a Excel).



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO C. ESCALA SUBJETIVA UNIDIMENSIONAL DE PREFERENCIA EN LAS 6 MUESTRAS MUSICALES DE MÚSICA ANDINA COLOMBIANA MEDIANTE EL METODO DE THURSTONE.

Figura 1. Resultados de escalamiento correspondientes a la preferencia subjetiva en música andina colombiana.



Función: Elaboración Propia.

Figura 2. Escala unidimensional de preferencia subjetiva en las seis muestras musicales de música andina colombiana.

| | | | | | | |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ESCALA | 0,000 | 0,430 | 0,482 | 0,488 | 0,660 | 0,771 |
| | C | B | A | F | E | D |

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO D. TABLAS DE ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA PARA LOS PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE AUTOCORRELACIÓN CON PONDERACIÓN A Y FLAT.

Figura 1. Estadística descriptiva para la muestra musical A con ponderación A.

| Cancion A Ponderacion A | | | | |
|---|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -56,79 | 11,82 | 0,23 | 0 |
| Máximo | -21,01 | 3113,3 | 3,7 | 0,94 |
| Moda | -25,84 | 76,39 | 1,16 | 0,24 |
| Media | -31,36705521 | 119,4871166 | 1,079141104 | 0,284846626 |
| Mediana | -30,68 | 95,26 | 0,91 | 0,24 |
| Percentil L10 | -38,228 | 24,892 | 0,27 | 0,04 |
| Percentil L90 | -25,234 | 160,452 | 2,196 | 0,646 |
| L10-L90 | 12,994 | 135,56 | 1,926 | 0,606 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 4,222695623 | 67,4730927 | 0,609214498 | 0,183615492 |
| Desviación estándar | 5,432948968 | 244,2290542 | 0,791489765 | 0,232825786 |
| Rango | 35,78 | 3101,48 | 3,47 | 0,94 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2. Estadística descriptiva para la muestra musical B con ponderación A.

| Cancion B Ponderacion A | | | | |
|---|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -52,31 | 17,6 | 0,2 | 0 |
| Máximo | -22,62 | 338,88 | 5,49 | 0,94 |
| Moda | -31,49 | 31,18 | 0,39 | 0,52 |
| Media | -31,63079208 | 120,7981188 | 0,667722772 | 0,406930693 |
| Mediana | -31,35 | 109,745 | 0,45 | 0,41 |
| Percentil L10 | -36,208 | 49,205 | 0,299 | 0,14 |
| Percentil L90 | -27,484 | 202,767 | 1,354 | 0,71 |
| L10-L90 | 8,724 | 153,562 | 1,055 | 0,57 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 2,855910707 | 45,88024798 | 0,403450115 | 0,184361784 |
| Desviación estándar | 4,071930393 | 62,63850616 | 0,77750429 | 0,219192141 |
| Rango | 29,69 | 321,28 | 5,29 | 0,94 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3. Estadística descriptiva para la muestra musical C con ponderación A.

| Cancion C Ponderacion A | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -54,56 | 9,25 | 0,27 | 0 |
| Máximo | -24,45 | 222,44 | 3,67 | 0,91 |
| Moda | -26,83 | 11,62 | 1,84 | 0,03 |
| Media | -30,68976608 | 64,9394152 | 1,351578947 | 0,372923977 |
| Mediana | -29,5 | 55,27 | 1,36 | 0,33 |
| Percentil L10 | -34,39 | 17,51 | 0,41 | 0,08 |
| Percentil L90 | -26,94 | 111,04 | 2,24 | 0,74 |
| L10-L90 | 7,45 | 93,53 | 1,83 | 0,66 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 3,001208577 | 33,95606169 | 0,571511234 | 0,193541261 |
| Desviación estándar | 4,686606442 | 43,37666575 | 0,730643043 | 0,234311733 |
| Rango | 30,11 | 213,19 | 3,4 | 0,91 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4. Estadística descriptiva para la muestra musical D con ponderación A.

| Cancion D Ponderacion A | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -55,93 | 11,24 | 0,16 | 0 |
| Máximo | -21,69 | 1318,69 | 5,17 | 0,98 |
| Moda | -31,62 | 106,99 | 1,36 | 0,18 |
| Media | -32,62955801 | 132,1099448 | 0,864585635 | 0,39801105 |
| Mediana | -31,82 | 106,72 | 0,66 | 0,36 |
| Percentil L10 | -38,13 | 40,11 | 0,32 | 0,07 |
| Percentil L90 | -26,8 | 206,14 | 1,38 | 0,84 |
| L10-L90 | 11,33 | 166,03 | 1,06 | 0,77 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 3,895298068 | 66,98633131 | 0,485058454 | 0,21853118 |
| Desviación estándar | 5,370355546 | 133,9799057 | 0,744667315 | 0,263576723 |
| Rango | 34,24 | 1307,45 | 5,01 | 0,98 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 5. Estadística descriptiva para la muestra musical E con ponderación A.

| Cancion E Ponderacion A | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -56,53 | 9,29 | 0,11 | 0 |
| Máximo | -16,59 | 473,08 | 5,69 | 0,97 |
| Moda | -27,82 | 116,33 | 0,54 | 0,2 |
| Media | -26,52816667 | 108,1153333 | 1,115944444 | 0,386055556 |
| Mediana | -25,15 | 98,245 | 0,54 | 0,35 |
| Percentil L10 | -32,632 | 39,199 | 0,268 | 0,119 |
| Percentil L90 | -20,399 | 190,005 | 2,99 | 0,721 |
| L10-L90 | 12,233 | 150,806 | 2,722 | 0,602 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 4,695475926 | 46,09277778 | 0,871496296 | 0,184506173 |
| Desviación estándar | 6,913162207 | 63,55736524 | 1,157626978 | 0,227776469 |
| Rango | 39,94 | 463,79 | 5,58 | 0,97 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 6. Estadística descriptiva para la muestra musical F con ponderación A.

| Cancion F Ponderacion A | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -53,88 | 11,23 | 0,27 | 0 |
| Máximo | -21,42 | 408,79 | 3,72 | 1 |
| Moda | -25,7 | 65,16 | 1,36 | 0,25 |
| Media | -28,25939759 | 123,2209036 | 1,415903614 | 0,345481928 |
| Mediana | -26,995 | 116,31 | 1,34 | 0,27 |
| Percentil L10 | -32,235 | 41,055 | 0,52 | 0,07 |
| Percentil L90 | -23,59 | 214,045 | 2,78 | 0,73 |
| L10-L90 | 8,645 | 172,99 | 2,26 | 0,66 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 3,561512556 | 54,97019088 | 0,63404558 | 0,207556975 |
| Desviación estándar | 5,684117447 | 73,87424152 | 0,822036696 | 0,2504095 |
| Rango | 32,46 | 397,56 | 3,45 | 1 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7. Estadística descriptiva para la muestra musical A con ponderación FLAT.

| Cancion A Ponderacion Flat | | | | |
|---|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -55,99 | 11,6 | 0,23 | 0 |
| Máximo | -20,31 | 1272,26 | 4,94 | 0,88 |
| Moda | -23,98 | #N/A | 0,25 | 0,12 |
| Media | -28,25846626 | 98,01269939 | 1,85595092 | 0,356319018 |
| Mediana | -27,37 | 84,3 | 1,84 | 0,33 |
| Percentil L10 | -34,42 | 17,932 | 0,25 | 0,052 |
| Percentil L90 | -23,45 | 171,22 | 3,67 | 0,686 |
| L10-L90 | 10,97 | 153,288 | 3,42 | 0,634 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 3,786206481 | 55,48057962 | 1,203261696 | 0,20981294 |
| Desviación estándar | 5,263954128 | 111,997748 | 1,374926996 | 0,242777033 |
| Rango | 35,68 | 1260,66 | 4,71 | 0,88 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8. Estadística descriptiva para la muestra musical B con ponderación FLAT.

| Cancion B Ponderacion Flat | | | | |
|---|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -52,38 | 10,33 | 0,2 | 0 |
| Máximo | -19,13 | 441,69 | 10,45 | 0,93 |
| Moda | -22,43 | 170,01 | 0,39 | 0,63 |
| Media | -24,86153465 | 100,4030198 | 2,72990099 | 0,591930693 |
| Mediana | -24,36 | 92,535 | 0,815 | 0,635 |
| Percentil L10 | -28,565 | 25,228 | 0,299 | 0,203 |
| Percentil L90 | -20,896 | 184,362 | 7,864 | 0,86 |
| L10-L90 | 7,669 | 159,134 | 7,565 | 0,657 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 2,813088235 | 52,53371107 | 2,771424452 | 0,192323145 |
| Desviación estándar | 4,537612723 | 68,53425756 | 3,081885799 | 0,2396046 |
| Rango | 33,25 | 431,36 | 10,25 | 0,93 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 9. Estadística descriptiva para la muestra musical C con ponderación FLAT.

| Cancion C Ponderacion Flat | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -48,29 | 7,22 | 0,25 | 0 |
| Máximo | -21,32 | 283,67 | 10,66 | 0,93 |
| Moda | -23,87 | #N/A | 1,84 | 0,16 |
| Media | -25,70929825 | 75,1651462 | 2,889883041 | 0,394853801 |
| Mediana | -23,99 | 66,3 | 1,75 | 0,38 |
| Percentil L10 | -29,35 | 18,82 | 0,43 | 0,07 |
| Percentil L90 | -22,44 | 140,88 | 8,68 | 0,73 |
| L10-L90 | 6,91 | 122,06 | 8,25 | 0,66 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 3,167446394 | 39,08455183 | 2,231531753 | 0,216046647 |
| Desviación estándar | 5,135576098 | 50,6789772 | 2,799073374 | 0,248499868 |
| Rango | 26,97 | 276,45 | 10,41 | 0,93 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10. Estadística descriptiva para la muestra musical D con ponderación FLAT.

| Cancion D Ponderacion Flat | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -54,87 | 8,32 | 0,14 | 0,01 |
| Máximo | -19,29 | 876,43 | 8,64 | 0,98 |
| Moda | -32,37 | 13,45 | 0,43 | 0,67 |
| Media | -28,19392265 | 104,4903867 | 2,02160221 | 0,483535912 |
| Mediana | -27,05 | 87,82 | 0,93 | 0,5 |
| Percentil L10 | -32,37 | 28,7 | 0,36 | 0,13 |
| Percentil L90 | -23,35 | 175,29 | 5,46 | 0,79 |
| L10-L90 | 9,02 | 146,59 | 5,1 | 0,66 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 3,518931046 | 55,42359818 | 1,850292726 | 0,199927963 |
| Desviación estándar | 5,462782622 | 106,6175434 | 2,317716112 | 0,239417546 |
| Rango | 35,58 | 868,11 | 8,5 | 0,97 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 11. Estadística descriptiva para la muestra musical E con ponderación FLAT.

| Cancion E Ponderacion Flat | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -44,77 | 10,04 | 0,11 | 0,01 |
| Máximo | -11,28 | 1928,61 | 6,33 | 0,98 |
| Moda | -21,17 | #N/A | 0,52 | 0,58 |
| Media | -22,50077778 | 117,8115 | 2,106222222 | 0,428888889 |
| Mediana | -21,385 | 93,45 | 1,395 | 0,445 |
| Percentil L10 | -27,152 | 28,981 | 0,288 | 0,12 |
| Percentil L90 | -17,446 | 186,946 | 5,035 | 0,741 |
| L10-L90 | 9,706 | 157,965 | 4,747 | 0,621 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 3,858848148 | 70,50136667 | 1,608511111 | 0,200728395 |
| Desviación estándar | 5,758738364 | 165,5744893 | 1,839720696 | 0,2408873 |
| Rango | 33,49 | 1918,57 | 6,22 | 0,97 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 12. Estadística descriptiva para la muestra musical F con ponderación FLAT.

| Cancion F Ponderacion Flat | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|----------------|
| Variable estadística | VARIABLE R-ACF | | | |
| | Phi(0) [dB SPL] | Tau_e [ms] | Tau_1 [ms] | Phi_1 [dB SPL] |
| Mínimo | -54,42 | 9,61 | 0,45 | 0 |
| Máximo | -14,87 | 665,96 | 5,15 | 1 |
| Moda | -20,56 | 23,3 | 1,36 | 0,22 |
| Media | -24,48 | 100,1937952 | 2,614156627 | 0,389156627 |
| Mediana | -22,76 | 83,41 | 3,06 | 0,36 |
| Percentil L10 | -28,62 | 15,97 | 1,045 | 0,075 |
| Percentil L90 | -19,6 | 209,165 | 4,07 | 0,755 |
| L10-L90 | 9,02 | 193,195 | 3,025 | 0,68 |
| Promedio de desviaciones absolutas | 4,111927711 | 63,34728117 | 1,026408042 | 0,207649877 |
| Desviación estándar | 6,736060894 | 87,09558881 | 1,174320776 | 0,252628388 |
| Rango | 39,55 | 656,35 | 4,7 | 1 |

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO E. TABLAS DE COEFICIENTES DE CORRELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE LA R-ACF Y LA ESCALA DE PREFERENCIA SUBJETIVA

Figura 1. Coeficientes de correlaciones de Pearson entre los parámetros estadísticos de la r-ACF y la escala de preferencia subjetiva con ponderación A.

| | | PONDERACIÓN A | | | |
|------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | <i>PHI 0</i> | <i>PHI 1</i> | <i>TAU E</i> | <i>TAU 1</i> |
| | | SUBJETIVE | SUBJETIVE | SUBJETIVE | SUBJETIVE |
| MIN | Pearson Correlation | -0,39 | . | 0,077 | -0,721 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,445 | . | 0,885 | 0,106 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MAX | Pearson Correlation | 0,67 | 0,758 | 0,273 | 0,585 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,146 | 0,081 | 0,601 | 0,223 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MODA | Pearson Correlation | -0,392 | 0,294 | 0,899* | -0,472 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,443 | 0,572 | 0,015 | 0,345 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MEDIA | Pearson Correlation | 0,09 | 0,121 | 0,861* | -0,434 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,866 | 0,819 | 0,028 | 0,39 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MEDIAN | Pearson Correlation | 0,066 | 0,091 | 0,784 | -0,628 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,901 | 0,863 | 0,065 | 0,182 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L10 | Pearson Correlation | -0,205 | 0,026 | 0,642 | -0,371 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,696 | 0,961 | 0,169 | 0,469 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L90 | Pearson Correlation | 0,383 | 0,319 | 0,808 | -0,078 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,453 | 0,538 | 0,052 | 0,883 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L10_L90 | Pearson Correlation | 0,699 | 0,269 | 0,839* | -0,025 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,122 | 0,606 | 0,037 | 0,962 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| PDES VABS | Pearson Correlation | 0,654 | 0,326 | 0,708 | 0,185 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,159 | 0,529 | 0,115 | 0,726 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| DES VESTA | Pearson Correlation | 0,529 | 0,393 | 0,327 | 0,4 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,281 | 0,441 | 0,527 | 0,433 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| RANGO | Pearson Correlation | 0,629 | 0,758 | 0,273 | 0,597 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,181 | 0,081 | 0,601 | 0,211 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2. Coeficientes de correlaciones de Pearson entre los parámetros estadísticos de la r-ACF y la escala de preferencia subjetiva con ponderación FLAT.

| PONDERACIÓN FLAT | | | | | |
|-------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | <i>PHI 0</i> | <i>PHI 1</i> | <i>TAU E</i> | <i>TAU 1</i> |
| | | SUBJETIVE | SUBJETIVE | SUBJETIVE | SUBJETIVE |
| MIN | Pearson Correlation | -0,227 | 0,714 | 0,397 | -0,341 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,666 | 0,111 | 0,436 | 0,509 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MAX | Pearson Correlation | 0,496 | 0,423 | 0,619 | -0,457 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,317 | 0,404 | 0,19 | 0,362 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MODA | Pearson Correlation | -0,359 | 0,629 | . | -0,743 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,484 | 0,181 | . | 0,091 |
| | N | 6 | 6 | . | 6 |
| MEDIA | Pearson Correlation | -0,061 | 0,214 | 0,896* | -0,735 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,909 | 0,684 | 0,016 | 0,096 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MEDIAN | Pearson Correlation | -0,136 | 0,245 | 0,835* | -0,233 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,797 | 0,639 | 0,39 | 0,657 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L10 | Pearson Correlation | -0,155 | 0,296 | 0,599 | -0,086 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,769 | 0,568 | 0,209 | 0,872 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L90 | Pearson Correlation | 0,204 | 0,185 | 0,625 | -0,646 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,698 | 0,726 | 0,185 | 0,166 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L10_L90 | Pearson Correlation | 0,629 | -0,257 | 0,461 | -0,603 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,181 | 0,623 | 0,358 | 0,205 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| PDESVABS | Pearson Correlation | 0,427 | -0,62 | 0,769 | -0,33 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,398 | 0,189 | 0,074 | 0,524 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| DESVETA | Pearson Correlation | 0,275 | -0,527 | 0,731 | -0,371 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,598 | 0,283 | 0,099 | 0,469 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| RANGO | Pearson Correlation | 0,697 | 0,36 | 0,619 | -0,434 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,123 | 0,483 | 0,19 | 0,39 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3. Coeficientes de correlaciones de Spearman entre los parámetros estadísticos de la r-ACF y la escala de preferencia subjetiva con ponderación A.

| | | PONDERACIÓN A | | | |
|-----------------|-------------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | <i>PHI 0</i> | <i>PHI 1</i> | <i>TAU E</i> | <i>TAU 1</i> |
| | | SUBJETIVE | SUBJETIVE | SUBJETIVE | SUBJETIVE |
| MIN | Correlation Coefficient | -0,371 | . | 0,029 | -0,638 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,468 | . | 0,957 | 0,173 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MAX | Correlation Coefficient | 0,6 | 0,812* | 0,657 | 0,543 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,208 | 0,05 | 0,156 | 0,266 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MODA | Correlation Coefficient | -0,314 | -0,086 | 0,886* | -0,087 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,544 | 0,872 | 0,019 | 0,87 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MEDIA | Correlation Coefficient | -0,029 | 0,143 | 0,6 | -0,086 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,957 | 0,787 | 0,208 | 0,872 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MEDIAN | Correlation Coefficient | -0,029 | 0,143 | 0,371 | -0,314 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,957 | 0,787 | 0,468 | 0,544 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L10 | Correlation Coefficient | 0,029 | -0,261 | 0,257 | -0,2 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,957 | 0,618 | 0,623 | 0,704 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L90 | Correlation Coefficient | 0,6 | 0,314 | 0,6 | 0,2 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,208 | 0,544 | 0,208 | 0,704 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L10_L90 | Correlation Coefficient | 0,486 | 0,348 | 0,6 | 0,314 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,329 | 0,499 | 0,208 | 0,544 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| PDESVABS | Correlation Coefficient | 0,657 | 0,486 | 0,6 | 0,314 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,156 | 0,329 | 0,208 | 0,544 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| DESVESTA | Correlation Coefficient | 0,6 | 0,429 | 0,6 | 0,429 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,208 | 0,397 | 0,208 | 0,397 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| RANGO | Correlation Coefficient | 0,657 | 0,812* | 0,657 | 0,486 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,156 | 0,05 | 0,156 | 0,329 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4. Coeficientes de correlaciones de Spearman entre los parámetros estadísticos de la r-ACF y la escala de preferencia subjetiva con ponderación FLAT.

| PONDERACIÓN FLAT | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | <i>PHI 0</i> | <i>PHI 1</i> | <i>TAU E</i> | <i>TAU 1</i> |
| | | SUBJETIVE | SUBJETIVE | SUBJETIVE | SUBJETIVE |
| MIN | Correlation Coefficient | -0,2 | 0,828 | -0,029 | -0,543 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,704 | 0,42 | 0,957 | 0,266 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MAX | Correlation Coefficient | 0,543 | 0,618 | 0,714 | -0,429 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,266 | 0,191 | 0,111 | 0,397 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MODA | Correlation Coefficient | -0,086 | 0,543 | . | -0,143 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,872 | 0,266 | . | 0,787 |
| | N | 6 | 6 | . | 6 |
| MEDIA | Correlation Coefficient | 0,143 | 0,143 | 0,771 | -0,657 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,787 | 0,787 | 0,072 | 0,156 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| MEDIAN | Correlation Coefficient | 0,086 | 0,143 | 0,486 | -0,086 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,872 | 0,787 | 0,329 | 0,872 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L10 | Correlation Coefficient | 0,029 | 0,314 | 0,429 | -0,086 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,957 | 0,544 | 0,397 | 0,872 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L90 | Correlation Coefficient | 0,143 | 0,257 | 0,486 | -0,429 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,787 | 0,623 | 0,329 | 0,397 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| L10_L90 | Correlation Coefficient | 0,551 | -0,058 | 0,143 | -0,486 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,257 | 0,913 | 0,787 | 0,329 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| PDESVABS | Correlation Coefficient | 0,543 | -0,429 | 0,657 | -0,429 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,266 | 0,397 | 0,156 | 0,397 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| DESVESTA | Correlation Coefficient | 0,714 | -0,429 | 0,714 | -0,429 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,111 | 0,397 | 0,111 | 0,397 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |
| RANGO | Correlation Coefficient | 0,543 | 0,618 | 0,714 | -0,486 |
| | Sig. (2-tailed) | 0,266 | 0,191 | 0,111 | 0,329 |
| | N | 6 | 6 | 6 | 6 |

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO F. TABLAS DE DISTRIBUCIONES ESTÁNDAR NORMALIZADAS Z.

Figura 1. Tabla de Distribuciones normales para las tablas de Thurstone en aplicación a pruebas de preferencias subjetivas.

Tabla de Distribución Normal

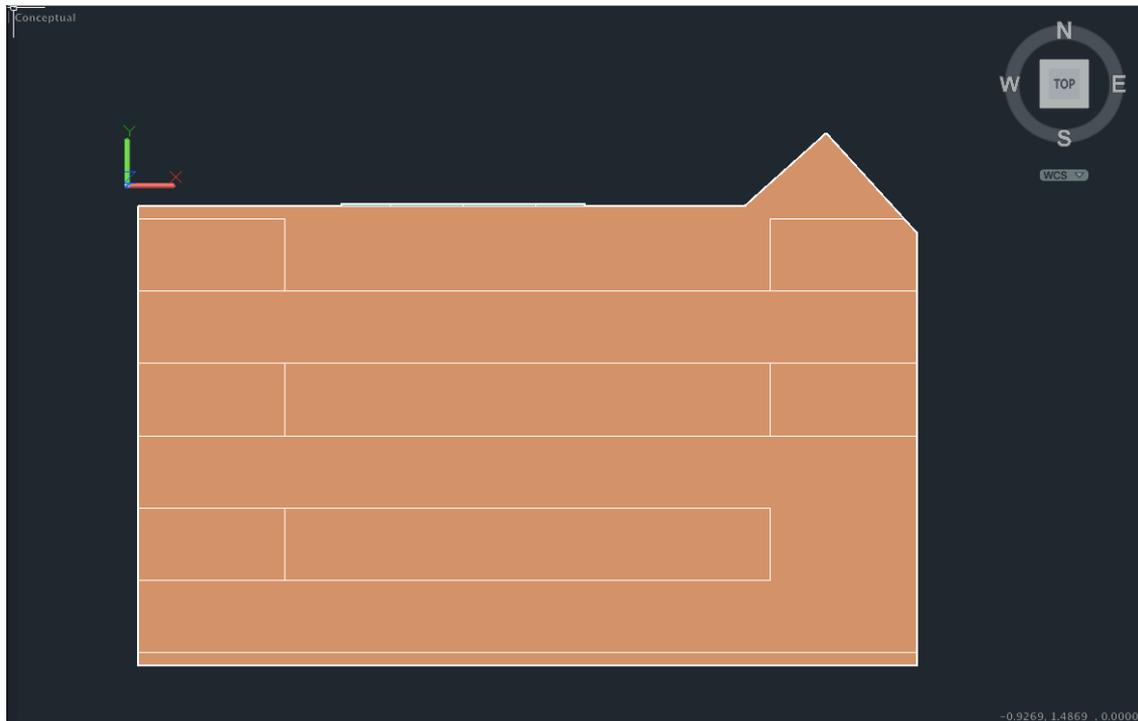
| normal | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,0 | 0,50000 | 0,50399 | 0,50798 | 0,51197 | 0,51595 | 0,51994 | 0,52392 | 0,52790 | 0,53188 | 0,53586 |
| 0,1 | 0,53983 | 0,54380 | 0,54776 | 0,55172 | 0,55567 | 0,55962 | 0,56356 | 0,56749 | 0,57142 | 0,57535 |
| 0,2 | 0,57926 | 0,58317 | 0,58706 | 0,59095 | 0,59483 | 0,59871 | 0,60257 | 0,60642 | 0,61026 | 0,61409 |
| 0,3 | 0,61791 | 0,62172 | 0,62552 | 0,62930 | 0,63307 | 0,63683 | 0,64058 | 0,64431 | 0,64803 | 0,65173 |
| 0,4 | 0,65542 | 0,65910 | 0,66276 | 0,66640 | 0,67003 | 0,67364 | 0,67724 | 0,68082 | 0,68439 | 0,68793 |
| 0,5 | 0,69146 | 0,69497 | 0,69847 | 0,70194 | 0,70540 | 0,70884 | 0,71226 | 0,71566 | 0,71904 | 0,72240 |
| 0,6 | 0,72575 | 0,72907 | 0,73237 | 0,73565 | 0,73891 | 0,74215 | 0,74537 | 0,74857 | 0,75175 | 0,75490 |
| 0,7 | 0,75804 | 0,76115 | 0,76424 | 0,76730 | 0,77035 | 0,77337 | 0,77637 | 0,77935 | 0,78230 | 0,78524 |
| 0,8 | 0,78814 | 0,79103 | 0,79389 | 0,79673 | 0,79955 | 0,80234 | 0,80511 | 0,80785 | 0,81057 | 0,81327 |
| 0,9 | 0,81594 | 0,81859 | 0,82121 | 0,82381 | 0,82639 | 0,82894 | 0,83147 | 0,83398 | 0,83646 | 0,83891 |
| 1,0 | 0,84134 | 0,84375 | 0,84614 | 0,84849 | 0,85083 | 0,85314 | 0,85543 | 0,85769 | 0,85993 | 0,86214 |
| 1,1 | 0,86433 | 0,86650 | 0,86864 | 0,87076 | 0,87286 | 0,87493 | 0,87698 | 0,87900 | 0,88100 | 0,88298 |
| 1,2 | 0,88493 | 0,88686 | 0,88877 | 0,89065 | 0,89251 | 0,89435 | 0,89617 | 0,89796 | 0,89973 | 0,90147 |
| 1,3 | 0,90320 | 0,90490 | 0,90658 | 0,90824 | 0,90988 | 0,91149 | 0,91308 | 0,91466 | 0,91621 | 0,91774 |
| 1,4 | 0,91924 | 0,92073 | 0,92220 | 0,92364 | 0,92507 | 0,92647 | 0,92785 | 0,92922 | 0,93056 | 0,93189 |
| 1,5 | 0,93319 | 0,93448 | 0,93574 | 0,93699 | 0,93822 | 0,93943 | 0,94062 | 0,94179 | 0,94295 | 0,94408 |
| 1,6 | 0,94520 | 0,94630 | 0,94738 | 0,94845 | 0,94950 | 0,95053 | 0,95154 | 0,95254 | 0,95352 | 0,95449 |
| 1,7 | 0,95543 | 0,95637 | 0,95728 | 0,95818 | 0,95907 | 0,95994 | 0,96080 | 0,96164 | 0,96246 | 0,96327 |
| 1,8 | 0,96407 | 0,96485 | 0,96562 | 0,96638 | 0,96712 | 0,96784 | 0,96856 | 0,96926 | 0,96995 | 0,97062 |
| 1,9 | 0,97128 | 0,97193 | 0,97257 | 0,97320 | 0,97381 | 0,97441 | 0,97500 | 0,97558 | 0,97615 | 0,97670 |
| 2,0 | 0,97725 | 0,97778 | 0,97831 | 0,97882 | 0,97932 | 0,97982 | 0,98030 | 0,98077 | 0,98124 | 0,98169 |
| 2,1 | 0,98214 | 0,98257 | 0,98300 | 0,98341 | 0,98382 | 0,98422 | 0,98461 | 0,98500 | 0,98537 | 0,98574 |
| 2,2 | 0,98610 | 0,98645 | 0,98679 | 0,98713 | 0,98745 | 0,98778 | 0,98809 | 0,98840 | 0,98870 | 0,98899 |
| 2,3 | 0,98928 | 0,98956 | 0,98983 | 0,99010 | 0,99036 | 0,99061 | 0,99086 | 0,99111 | 0,99134 | 0,99158 |
| 2,4 | 0,99180 | 0,99202 | 0,99224 | 0,99245 | 0,99266 | 0,99286 | 0,99305 | 0,99324 | 0,99343 | 0,99361 |
| 2,5 | 0,99379 | 0,99396 | 0,99413 | 0,99430 | 0,99446 | 0,99461 | 0,99477 | 0,99492 | 0,99506 | 0,99520 |
| 2,6 | 0,99534 | 0,99547 | 0,99560 | 0,99573 | 0,99585 | 0,99598 | 0,99609 | 0,99621 | 0,99632 | 0,99643 |
| 2,7 | 0,99653 | 0,99664 | 0,99674 | 0,99683 | 0,99693 | 0,99702 | 0,99711 | 0,99720 | 0,99728 | 0,99736 |
| 2,8 | 0,99744 | 0,99752 | 0,99760 | 0,99767 | 0,99774 | 0,99781 | 0,99788 | 0,99795 | 0,99801 | 0,99807 |
| 2,9 | 0,99813 | 0,99819 | 0,99825 | 0,99831 | 0,99836 | 0,99841 | 0,99846 | 0,99851 | 0,99856 | 0,99861 |
| 3,0 | 0,99865 | 0,99869 | 0,99874 | 0,99878 | 0,99882 | 0,99886 | 0,99889 | 0,99893 | 0,99896 | 0,99900 |
| 3,1 | 0,99903 | 0,99906 | 0,99910 | 0,99913 | 0,99916 | 0,99918 | 0,99921 | 0,99924 | 0,99926 | 0,99929 |
| 3,2 | 0,99931 | 0,99934 | 0,99936 | 0,99938 | 0,99940 | 0,99942 | 0,99944 | 0,99946 | 0,99948 | 0,99950 |

| normal | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| -4,0 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00002 |
| -3,9 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00003 | 0,00003 |
| -3,8 | 0,00007 | 0,00007 | 0,00007 | 0,00006 | 0,00006 | 0,00006 | 0,00006 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00005 |
| -3,7 | 0,00011 | 0,00010 | 0,00010 | 0,00010 | 0,00009 | 0,00009 | 0,00008 | 0,00008 | 0,00008 | 0,00008 |
| -3,6 | 0,00016 | 0,00015 | 0,00015 | 0,00014 | 0,00014 | 0,00013 | 0,00013 | 0,00012 | 0,00012 | 0,00011 |
| -3,5 | 0,00023 | 0,00022 | 0,00022 | 0,00021 | 0,00020 | 0,00019 | 0,00019 | 0,00018 | 0,00017 | 0,00017 |
| -3,4 | 0,00034 | 0,00032 | 0,00031 | 0,00030 | 0,00029 | 0,00028 | 0,00027 | 0,00026 | 0,00025 | 0,00024 |
| -3,3 | 0,00048 | 0,00047 | 0,00045 | 0,00043 | 0,00042 | 0,00040 | 0,00039 | 0,00038 | 0,00036 | 0,00035 |
| -3,2 | 0,00069 | 0,00066 | 0,00064 | 0,00062 | 0,00060 | 0,00058 | 0,00056 | 0,00054 | 0,00052 | 0,00050 |
| -3,1 | 0,00097 | 0,00094 | 0,00090 | 0,00087 | 0,00084 | 0,00082 | 0,00079 | 0,00076 | 0,00074 | 0,00071 |
| -3,0 | 0,00135 | 0,00131 | 0,00126 | 0,00122 | 0,00118 | 0,00114 | 0,00111 | 0,00107 | 0,00104 | 0,00100 |
| -2,9 | 0,00187 | 0,00181 | 0,00175 | 0,00169 | 0,00164 | 0,00159 | 0,00154 | 0,00149 | 0,00144 | 0,00139 |
| -2,8 | 0,00256 | 0,00248 | 0,00240 | 0,00233 | 0,00226 | 0,00219 | 0,00212 | 0,00205 | 0,00199 | 0,00193 |
| -2,7 | 0,00347 | 0,00336 | 0,00326 | 0,00317 | 0,00307 | 0,00298 | 0,00289 | 0,00280 | 0,00272 | 0,00264 |
| -2,6 | 0,00466 | 0,00453 | 0,00440 | 0,00427 | 0,00415 | 0,00402 | 0,00391 | 0,00379 | 0,00368 | 0,00357 |
| -2,5 | 0,00621 | 0,00604 | 0,00587 | 0,00570 | 0,00554 | 0,00539 | 0,00523 | 0,00508 | 0,00494 | 0,00480 |
| -2,4 | 0,00820 | 0,00798 | 0,00776 | 0,00755 | 0,00734 | 0,00714 | 0,00695 | 0,00676 | 0,00657 | 0,00639 |
| -2,3 | 0,01072 | 0,01044 | 0,01017 | 0,00990 | 0,00964 | 0,00939 | 0,00914 | 0,00889 | 0,00866 | 0,00842 |
| -2,2 | 0,01390 | 0,01355 | 0,01321 | 0,01287 | 0,01255 | 0,01222 | 0,01191 | 0,01160 | 0,01130 | 0,01101 |
| -2,1 | 0,01786 | 0,01743 | 0,01700 | 0,01659 | 0,01618 | 0,01578 | 0,01539 | 0,01500 | 0,01463 | 0,01426 |
| -2,0 | 0,02275 | 0,02222 | 0,02169 | 0,02118 | 0,02068 | 0,02018 | 0,01970 | 0,01923 | 0,01876 | 0,01831 |
| -1,9 | 0,02872 | 0,02807 | 0,02743 | 0,02680 | 0,02619 | 0,02559 | 0,02500 | 0,02442 | 0,02385 | 0,02330 |
| -1,8 | 0,03593 | 0,03515 | 0,03438 | 0,03362 | 0,03288 | 0,03216 | 0,03144 | 0,03074 | 0,03005 | 0,02938 |
| -1,7 | 0,04457 | 0,04363 | 0,04272 | 0,04182 | 0,04093 | 0,04006 | 0,03920 | 0,03836 | 0,03754 | 0,03673 |
| -1,6 | 0,05480 | 0,05370 | 0,05262 | 0,05155 | 0,05050 | 0,04947 | 0,04846 | 0,04746 | 0,04648 | 0,04551 |
| -1,5 | 0,06681 | 0,06552 | 0,06426 | 0,06301 | 0,06178 | 0,06057 | 0,05938 | 0,05821 | 0,05705 | 0,05592 |
| -1,4 | 0,08076 | 0,07927 | 0,07780 | 0,07636 | 0,07493 | 0,07353 | 0,07215 | 0,07078 | 0,06944 | 0,06811 |
| -1,3 | 0,09680 | 0,09510 | 0,09342 | 0,09176 | 0,09012 | 0,08851 | 0,08692 | 0,08534 | 0,08379 | 0,08226 |
| -1,2 | 0,11507 | 0,11314 | 0,11123 | 0,10935 | 0,10749 | 0,10565 | 0,10383 | 0,10204 | 0,10027 | 0,09853 |
| -1,1 | 0,13567 | 0,13350 | 0,13136 | 0,12924 | 0,12714 | 0,12507 | 0,12302 | 0,12100 | 0,11900 | 0,11702 |
| -1,0 | 0,15866 | 0,15625 | 0,15386 | 0,15151 | 0,14917 | 0,14686 | 0,14457 | 0,14231 | 0,14007 | 0,13786 |
| -0,9 | 0,18406 | 0,18141 | 0,17879 | 0,17619 | 0,17361 | 0,17106 | 0,16853 | 0,16602 | 0,16354 | 0,16109 |
| -0,8 | 0,21186 | 0,20897 | 0,20611 | 0,20327 | 0,20045 | 0,19766 | 0,19489 | 0,19215 | 0,18943 | 0,18673 |
| -0,7 | 0,24196 | 0,23885 | 0,23576 | 0,23270 | 0,22965 | 0,22663 | 0,22363 | 0,22065 | 0,21770 | 0,21476 |
| -0,6 | 0,27425 | 0,27093 | 0,26763 | 0,26435 | 0,26109 | 0,25785 | 0,25463 | 0,25143 | 0,24825 | 0,24510 |
| -0,5 | 0,30854 | 0,30503 | 0,30153 | 0,29806 | 0,29460 | 0,29116 | 0,28774 | 0,28434 | 0,28096 | 0,27760 |
| -0,4 | 0,34458 | 0,34090 | 0,33724 | 0,33360 | 0,32997 | 0,32636 | 0,32276 | 0,31918 | 0,31561 | 0,31207 |
| -0,3 | 0,38209 | 0,37828 | 0,37448 | 0,37070 | 0,36693 | 0,36317 | 0,35942 | 0,35569 | 0,35197 | 0,34827 |
| -0,2 | 0,42074 | 0,41683 | 0,41294 | 0,40905 | 0,40517 | 0,40129 | 0,39743 | 0,39358 | 0,38974 | 0,38591 |
| -0,1 | 0,46017 | 0,45620 | 0,45224 | 0,44828 | 0,44433 | 0,44038 | 0,43644 | 0,43251 | 0,42858 | 0,42465 |
| 0,0 | 0,50000 | 0,49601 | 0,49202 | 0,48803 | 0,48405 | 0,48006 | 0,47608 | 0,47210 | 0,46812 | 0,46414 |

Fuente: Walpole, R, Myers, R, Myers, S. (1999). *Áreas bajo la curva normal [Tabla A.3]. En R. E. Walpole, R. Myers, S. Myers. Probabilidad y estadística para ingenieros. (Pág. 681-682). México: Pearson. 1999.*

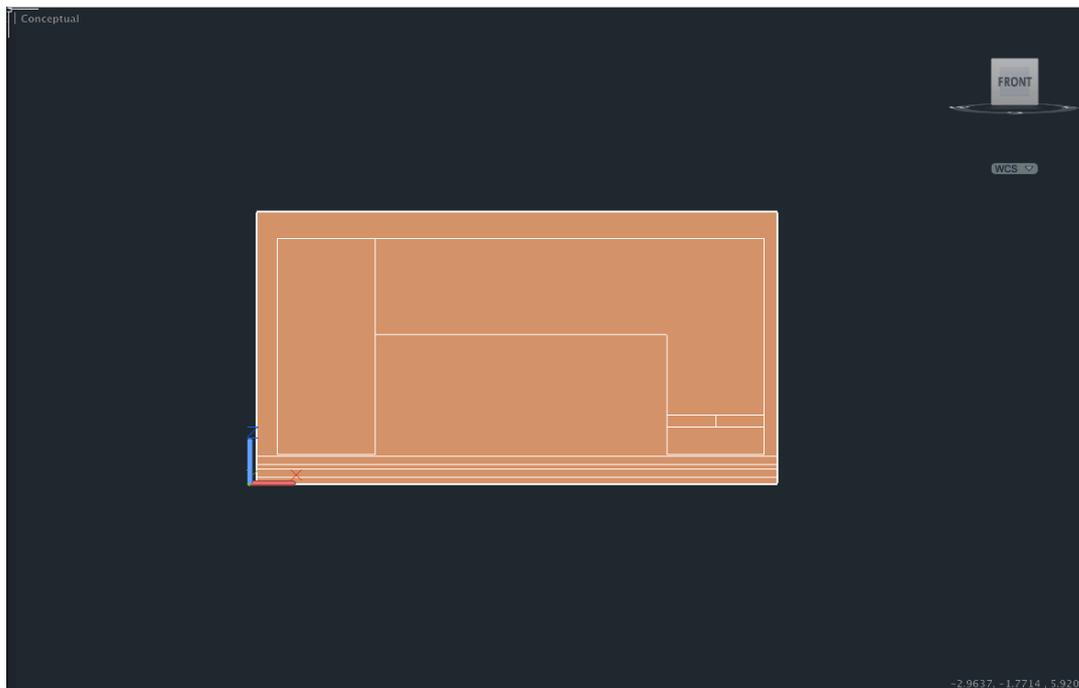
ANEXO G. CAD LIVE ROOM 5.1 DE LA UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA SEDE BOGOTÁ.

Figura 1. Vista Planta del Live Room 5.1.



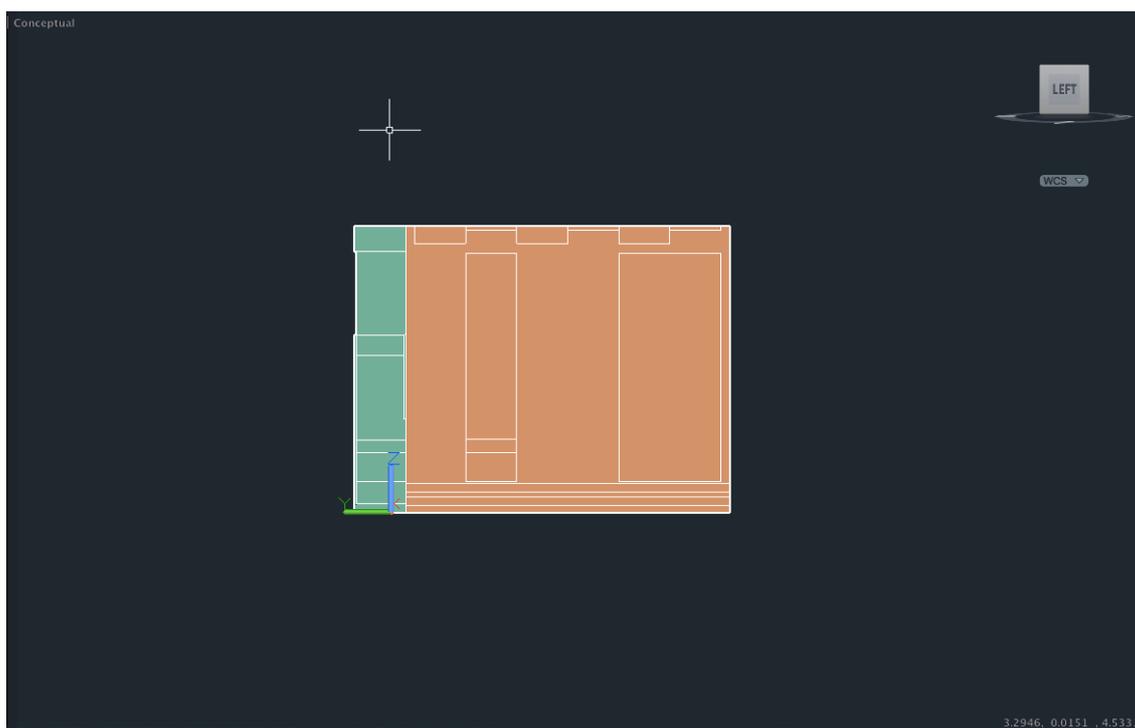
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2. Vista Frontal del Live Room 5.1.



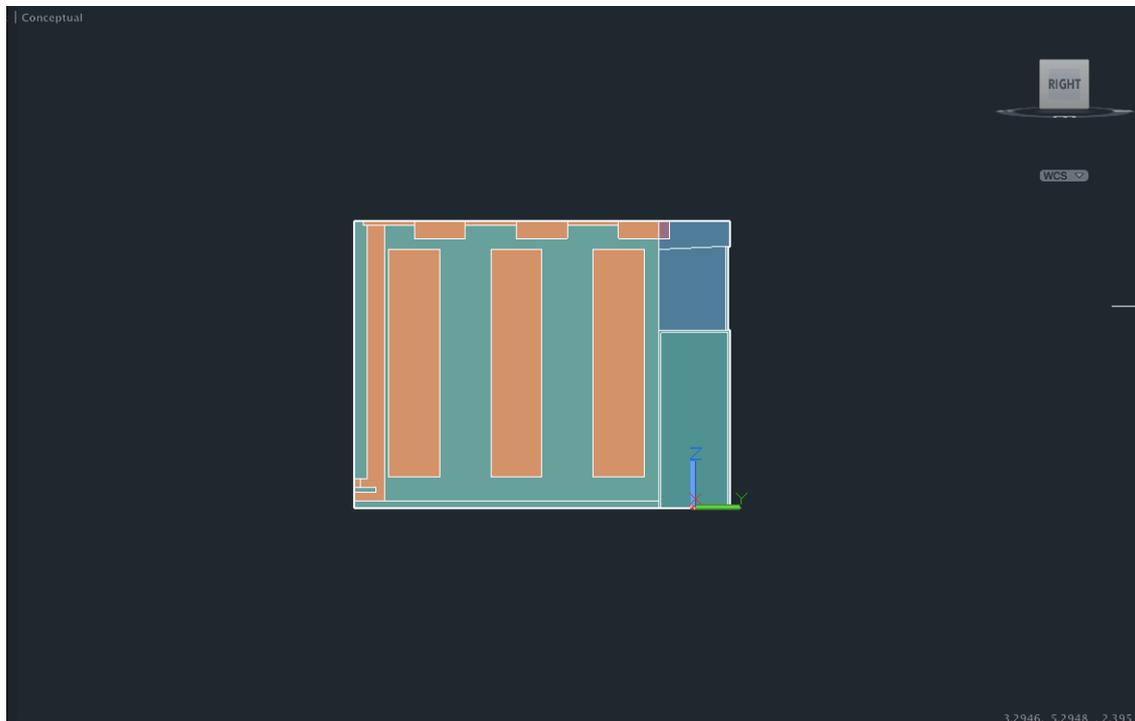
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3. Vista Lateral Izquierda del Live Room 5.1.



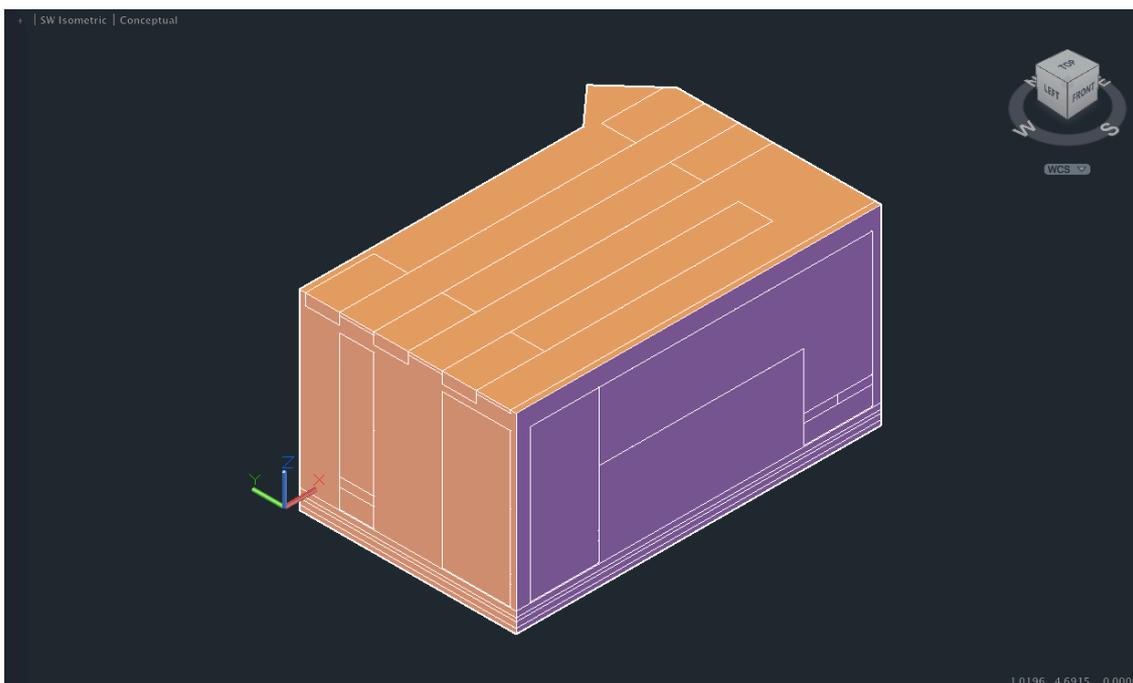
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4. Vista Lateral Derecha del Live Room 5.1.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 5. Vista Isométrica del Live Room 5.1.



Fuente: Elaboración Propia.

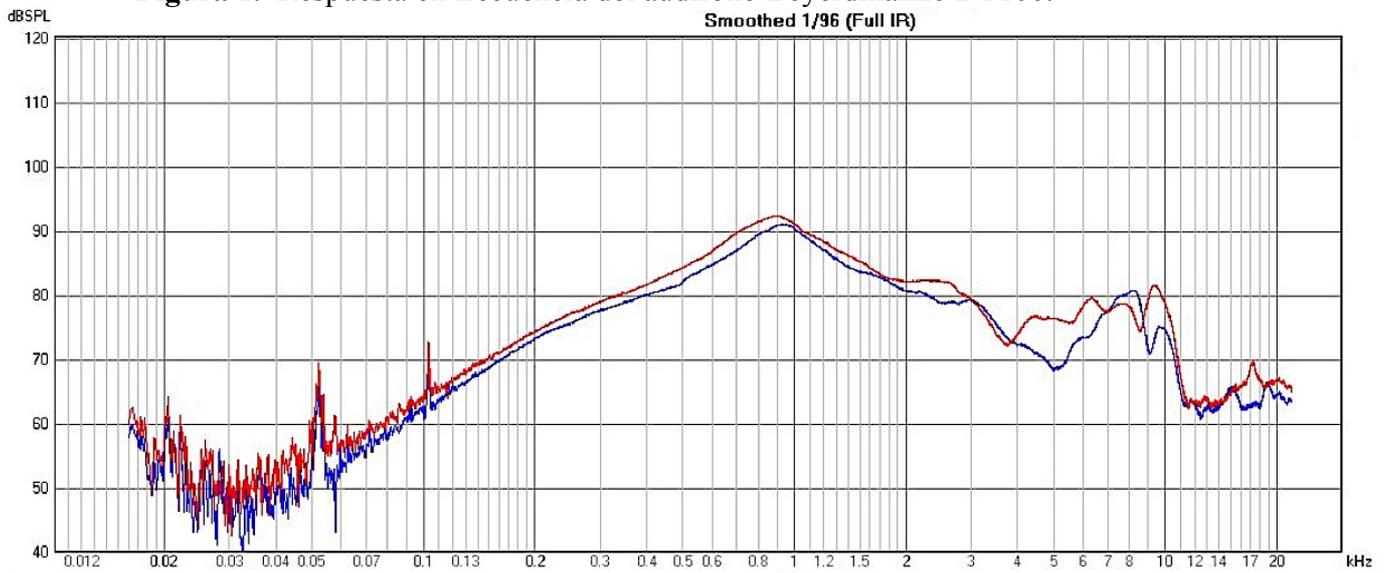
Figura 6. Calibración de cabeza binaural CórteX MK2-B a 94dB @ 1KHz.



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO H. GRÁFICAS DE RESPUESTA EN FRECUENCIA DE LOS AUDÍFONOS COMPARADOS.

Figura 1. Respuesta en frecuencia del audífono Beyerdynamic DT100.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 2. Respuesta en frecuencia del audífono Shure SRH 440.



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO I. TIEMPO DE ESTIMACIÓN DE LAS PRUEBAS DE PREFERENCIAS SUBJETIVA EN RITMO BAMBUCO COLOMBIANO.

Figura 1. Matriz de estimación para las pruebas de preferencia subjetiva en ritmo bambuco Colombiano.

| Tiempo de la prueba | Segundos | Cantidad |
|--|-----------------|-----------------|
| Tiempo por cada audio | 20 | |
| Tiempo de espera entre canciones de cada par | 3 | |
| Tiempo por cada par | 45 | |
| Total de pares | | 15 |
| Tiempo de espera entre pares (s) | 5 | |
| Sujetos a encuestar | | 30 |
| Tiempo desde que responde hasta el siguiente par | 1 | |
| <i>Tiempo total de la prueba (segundos)</i> | 675 | |

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO J. RESULTADOS DE LOS PARES COMPARATIVOS APLICADOS A LOS ENCUESTADOS DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE COLOMBIA.

Figura 1. Resultados de los pares comparativos entre las seis muestras musicales aplicado a los encuestados en la U. Central.

| N° Sujeto | Edad | PARES | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | 24 | A | D | C | D | B | D | F | D | B | A | F | B | A | D | B |
| 2 | 22 | A | B | E | D | B | D | E | D | B | E | C | B | F | D | B |
| 3 | 22 | C | B | E | D | A | D | E | A | B | E | F | E | A | E | B |
| 4 | 20 | A | D | E | F | B | D | F | A | B | A | F | E | A | E | F |
| 5 | 23 | A | D | E | D | A | D | F | D | B | E | F | E | F | E | F |
| 6 | 23 | A | D | E | F | A | C | F | D | B | A | F | B | A | D | F |
| 7 | 24 | A | D | E | D | A | D | E | D | B | E | F | E | A | E | B |
| 8 | 21 | A | B | E | F | A | D | F | D | B | A | F | E | F | D | F |
| 9 | 24 | A | B | E | F | B | D | E | D | B | E | F | E | A | E | B |
| 10 | 24 | A | D | E | F | A | D | F | A | B | A | F | E | F | E | F |
| 11 | 23 | A | B | E | D | B | D | E | D | B | A | F | E | A | E | B |
| 12 | 26 | A | D | C | D | B | D | E | D | C | A | C | B | A | D | B |
| 13 | 21 | C | D | C | D | A | C | E | D | C | A | C | E | A | D | F |
| 14 | 20 | A | D | E | F | A | D | F | D | B | E | F | E | F | E | F |
| 15 | 24 | C | D | C | D | A | D | E | D | B | E | C | E | A | D | B |
| 16 | 25 | A | D | E | D | A | D | E | D | B | A | F | E | A | E | B |
| 17 | 20 | A | D | E | F | B | D | F | D | B | A | F | E | F | D | B |
| 18 | 20 | A | D | E | D | B | D | E | A | B | E | C | E | A | D | B |
| 19 | 21 | A | D | E | F | A | D | F | D | B | E | F | B | F | D | F |
| 20 | 32 | A | B | C | D | A | D | E | A | B | A | F | E | A | E | B |
| 21 | 24 | A | D | E | F | B | D | F | A | B | E | F | E | F | D | F |
| 22 | 23 | C | D | E | D | B | C | E | D | C | E | C | B | A | E | F |
| 23 | 27 | A | D | E | D | B | D | E | D | B | E | C | E | F | E | B |
| 24 | 21 | C | B | C | D | B | C | E | D | C | A | C | E | A | D | B |
| 25 | 23 | A | B | E | F | B | C | F | D | C | A | F | B | F | E | F |
| 26 | 23 | C | B | C | F | A | D | F | A | C | A | F | E | F | E | F |
| 27 | 25 | C | B | E | D | B | D | E | D | C | E | C | E | A | E | F |
| 28 | 25 | A | B | C | F | A | C | F | D | C | A | C | B | F | D | F |
| 29 | 36 | C | D | C | F | B | C | F | D | C | E | F | E | F | E | F |
| 30 | 36 | A | B | E | D | A | D | F | D | B | E | F | B | A | D | B |

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO K. MEDICIÓN DE RUIDO DE FONDO PARA LAS PRUEBAS SUBJETIVAS.

Figura 1. Mediciones de ruido de fondo para las pruebas subjetivas en la Universidad Central de Colombia.

| | Ruido de fondo | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| # Medición | MED 56 | MED 57 | MED 58 | MED 59 | MED 60 | MED 61 | MED 62 | MED 64 | MED 66 | MED 67 | MED 68 | MED 69 |
| Frecuencia[Hz] | 1/3 Oct [dB] | | | | | | | | | | | |
| 25 | 42,2 | 41,5 | 44,4 | 42,2 | 37,2 | 34 | 36,1 | 45,6 | 42,4 | 68,6 | 42,2 | 50 |
| 31,5 | 44,3 | 44,6 | 57,1 | 51,7 | 50,5 | 49,4 | 50,5 | 47,4 | 46,1 | 55,3 | 45,4 | 48,1 |
| 40 | 46,6 | 53,1 | 50,7 | 50,2 | 42,1 | 43,6 | 43,5 | 55,9 | 64,6 | 54,9 | 65,1 | 50,1 |
| 50 | 45 | 41 | 44,9 | 41,5 | 41,4 | 40,2 | 39,9 | 39,5 | 52,3 | 60,1 | 50,5 | 46,1 |
| 63 | 41,7 | 43,2 | 51,3 | 38 | 39,5 | 40,6 | 39,1 | 40,9 | 54,3 | 55,8 | 46,2 | 47,1 |
| 80 | 39,1 | 38,1 | 42,8 | 38,9 | 44,3 | 44,1 | 41,4 | 41,3 | 49,5 | 54 | 49,1 | 43,3 |
| 100 | 39,7 | 38,9 | 40,3 | 38,4 | 45 | 44,9 | 49,2 | 53,3 | 46,3 | 51,9 | 43,9 | 41,7 |
| 125 | 42 | 42 | 47,6 | 43,4 | 42,2 | 42,3 | 46,2 | 44,7 | 45,3 | 50,8 | 44,1 | 39,7 |
| 160 | 42,6 | 39 | 44,3 | 40,2 | 42,2 | 43,2 | 40,6 | 47,7 | 42,4 | 50,5 | 40 | 41,4 |
| 200 | 40,7 | 38,8 | 45,6 | 42,8 | 42,7 | 40,7 | 40,3 | 45,5 | 42,5 | 45,7 | 39 | 41,6 |
| 250 | 41,6 | 40,2 | 43,1 | 43,2 | 40,6 | 39,3 | 41,3 | 40,8 | 49,3 | 45,5 | 40 | 45,1 |
| 315 | 37 | 37,7 | 44 | 45 | 43,4 | 43 | 40,2 | 42,6 | 44,4 | 49,4 | 40,7 | 41 |
| 400 | 37,6 | 37,7 | 43,3 | 41,1 | 41,8 | 40,3 | 40,8 | 43,7 | 43,3 | 47,2 | 41,6 | 41,3 |
| 500 | 38,4 | 37,7 | 40,6 | 39 | 42,3 | 41,2 | 40,5 | 42,3 | 43,7 | 46,6 | 40,8 | 40,3 |
| 630 | 36,3 | 36,8 | 37,2 | 37,9 | 40,3 | 38,1 | 35,8 | 41,2 | 42 | 47 | 39,8 | 42,8 |
| 800 | 35,9 | 35,5 | 35,8 | 34,1 | 37,7 | 35,5 | 32,5 | 39,6 | 40,5 | 46,2 | 38,6 | 37,8 |
| 1000 | 35,2 | 34,8 | 33,8 | 34,2 | 36,4 | 34,9 | 30,9 | 37,9 | 39,8 | 47,3 | 37,1 | 36,7 |
| 1250 | 34,9 | 33,1 | 33,1 | 31,8 | 35,7 | 34,7 | 30,8 | 38,1 | 38,6 | 44,7 | 35,9 | 35,1 |
| 1600 | 34,4 | 33,9 | 31,8 | 30,6 | 36 | 35,2 | 28,7 | 38,9 | 38,3 | 43,7 | 35,4 | 31,9 |
| 2000 | 33,4 | 34,9 | 32,4 | 33,2 | 36,4 | 38 | 31,8 | 36,8 | 39,3 | 40,3 | 35,2 | 32,3 |
| 2500 | 30,7 | 31,1 | 29,7 | 30,6 | 34 | 36,4 | 28,3 | 40,1 | 36,7 | 38,6 | 33,4 | 30,2 |
| 3150 | 29,7 | 28,4 | 25,9 | 27 | 31,9 | 35,5 | 26,6 | 34,2 | 33,8 | 37,2 | 30,9 | 27,8 |
| 4000 | 26,9 | 26,7 | 25,3 | 26,3 | 30,8 | 32,3 | 26,1 | 29,3 | 31,9 | 35 | 28,7 | 26,6 |
| 5000 | 25,5 | 24,8 | 24,5 | 25 | 30,1 | 29,4 | 25,1 | 26,5 | 27,5 | 34,3 | 26,1 | 25,5 |
| 6300 | 23,1 | 22,4 | 22,7 | 23,3 | 29,1 | 25,5 | 23,8 | 24 | 24,7 | 30,8 | 23,5 | 23,3 |
| 8000 | 23,8 | 22,7 | 23 | 23,5 | 28,3 | 25 | 24,3 | 24,3 | 23,9 | 28,2 | 23,5 | 24,3 |
| 10000 | 15,7 | 14,1 | 15 | 17,3 | 26,7 | 20,2 | 18,2 | 16,9 | 14 | 23,3 | 14 | 17,3 |
| 12500 | 16,9 | 16,3 | 17,8 | 19,2 | 25,9 | 19,2 | 19,2 | 17,8 | 14 | 20,2 | 18,5 | 17,3 |
| 16000 | 14 | 14 | 18,7 | 14 | 24,1 | 20,1 | 14,6 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 20000 | 33,4 | 33,6 | 34,6 | 35 | 34,7 | 34,9 | 33,7 | 34,4 | 34,2 | 34,2 | 34,2 | 34,2 |
| Total A | 45 | 44,7 | 46,2 | 45,5 | 47,8 | 47,5 | 44,3 | 49,6 | 50,2 | 54,7 | 47,2 | 47 |

Fuente: Elaboración Propia.

Med 56, 57, 58, 59: Viernes 4 de Agosto de 2017.

Med 60, 61, 62, 64: Martes 8 de Agosto de 2017.

Med 66, 67, 68, 69: Miércoles 9 de Agosto 2017.

Nota: Las mediciones se realizaron en la sede principal de la Universidad Central de Colombia realizando mediciones al inicio, durante y al final de la sesión de encuestas.