



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS” ZACATENCO

“PROPUESTA DE MÉTODO DE EVALUACIÓN A LA RESPUESTA CARDIACA A DISTINTOS GÉNEROS MUSICALES”

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

PRESENTAN:

**LUIS ALBERTO LEON MARTINEZ
IAN SHARIK MORA ALFERES**

ASESORES:

**M. EN C. FRANCISCO SÁNCHEZ JIMÉNEZ
M. EN C. MARCIAL MARGARITO SÁNCHEZ SÁNCHEZ**



CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO 2023.

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

TEMA DE TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERÁ (N) DESARROLLAR C. LUIS ALBERTO LEON MARTINEZ
C. IAN SHARIK MORA ALFERES**

**“PROPUESTA DE MÉTODO DE EVALUACIÓN A LA RESPUESTA CARDIACA A DISTINTOS
GÉNEROS MUSICALES”**

PROPONER UN METODO DE ANÁLISIS A LA RESPUESTA CARDIACA QUE PROVOCAN LOS GÉNEROS MUSICALES EN LAS PERSONAS, IDENTIFICANDO SI A NIVEL CARDIACO SE PUEDEN DISTINGUIR ENTRE LOS MISMOS Y OBSERVANDO SI ESTOS PROVOCAN ALTERACIONES EN FUNCIÓN DEL VOLTAJE Y FRECUENCIA. ESTO PARA LOS GÉNEROS ROCK, REGUETÓN, REGIONAL MEXICANO Y POP, CONSIDERANDO LA PARTICIPACIÓN EN LOS ESTADOS DE ÁNIMO PREVIO A LOS ESTUDIOS.

- ❖ ANTECEDENTES
- ❖ MARCO TEÓRICO
- ❖ DESARROLLO
- ❖ PRUEBAS Y RESULTADOS

CIUDAD DE MÉXICO, A 22 DE FEBRERO DE 2023.

ASESORES


M. EN C. FRANCISCO SÁNCHEZ JIMÉNEZ


M. EN C. MARCIAL MARGARITO SÁNCHEZ SÁNCHEZ


M. EN C. JOSÉ LUIS BRAVO LEÓN
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN
COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA



Autorización de uso de obra

Instituto Politécnico Nacional

Presente

Bajo protesta de decir la verdad los que suscriben **LUIS ALBERTO LEON MARTINEZ** e **IAN SHARIK MORA ALFERES**, manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **“PROPUESTA DE MÉTODO DE EVALUACIÓN A LA RESPUESTA CARDIACA A DISTINTOS GÉNEROS MUSICALES”**, en adelante **“La Tesis”** y de la cual se adjunta copia en un impreso y un cd, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al **Instituto Politécnico Nacional**, en adelante **El IPN**, autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales o en cualquier otro medio; para apoyar a futuros trabajos relacionados con el tema de **“La Tesis”** por un periodo de **2 años** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a **El IPN** de su terminación.

En virtud de lo anterior, **El IPN** deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de **“La Tesis”**.

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de **“La Tesis”**, manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por los suscritos respecto de **“La Tesis”**, por lo que deslindamos de toda responsabilidad a **El IPN** en caso de que el contenido de **“La Tesis”** o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México., a 14 de Marzo de 2023.

Atentamente


LUIS ALBERTO LEON MARTINEZ


IAN SHARIK MORA ALFERES

Agradecimientos

Quiero externar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Jazmín Guadalupe Martínez Ruiz y Luis Francisco León Colin, sin ustedes no habría sido posible llegar hasta donde estoy. No puedo expresar con palabras lo agradecido que estoy por los sacrificios que han hecho por mí, porque he sido testigo de las veces que han tenido que poner en segundo plano sus propios intereses para asegurarse que mi hermana y yo lo tuviéramos todo. Es por eso por lo que quiero dedicarles este logro principalmente a ustedes, gracias por ser mis guías, por creer en mí, los amo más allá de las palabras. Gracias, mamá y papa.

A mi hermana Vanesa León por estar siempre con su apoyo incondicional, tu amor y amistad son invaluable, llegaste a mi vida a ser una fuente de risas y alegría, gracias por estar durante este proceso.

A Silvia Serrano, por su inquebrantable apoyo, paciencia y amor durante este proyecto. Su valiosa contribución fue fundamental para su conclusión.

A mis asesores, quiero agradecer su orientación y apoyo en el proyecto. Su conocimiento y experiencia fueron fundamentales para llevar a cabo la tesis.

Luis Alberto León Martínez.

Agradecimientos

A mi familia por haberme forjado como buen ser humano, inculcándome principios, valores y la enseñanza de no rendirme, principalmente a mi madre y a mi abuela que siempre estuvieron apoyándome en cada una de mis etapas. A mi novia, que me apoyo desde que ingresé a la universidad, y lo sigue haciendo hasta el día de hoy.

Al Instituto Politécnico Nacional, pero en especial a la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, que me arropo en sus aulas, pasillos y laboratorios para poder ir por la senda correcta, poder crecer y llegar a ser un excelente profesionista que pondrá sus conocimientos para ayudar al crecimiento de la sociedad.

A mis profesores, que siempre se esmeraron en compartir su conocimiento con ganas y empeño, que siempre tenían tiempo para aclarar mis dudas, que siempre tenían tiempo para clases extra con la finalidad de que entendiera los temas y que siempre extendían su apoyo cuando me sentía en apuros.

A mis compañeros, que se volvieron amigos, apoyándome cuando no entendía un tema, a estudiar para un examen, que me invitaban algún alimento o escuchando mis problemas extendiendo su hombro como signo de comprensión y solidaridad.

A todos, muchas gracias por cada uno de sus consejos, regaños, consuelos y cada muestra de afecto que me permitieron llegar hasta aquí, nunca dejaré de agradecerles, los llevo en mi mente y en mi corazón.

Ian Sharik Mora Alferes.

Contenido

	Pagina
Objetivo	8
Justificación	9
Introducción	10
Capítulo 1. Antecedentes	12
1.1 Orígenes musicales	13
1.2 La música	14
1.3 Música como lenguaje	15
1.4 La musicoterapia:	16
1.4.1 Etapa precientífica	16
1.4.2 Etapa científica	17
1.5 Ruidos de color	18
1.5.1 Características de los ruidos de color	18
1.6 Electrocardiograma	19
1.6.1 Vectores cardiacos	22
1.6.2 Derivaciones bipolares, unipolares y precordiales	23
1.6.3 Interpretación de electrocardiogramas	26
Capítulo 2. Marco teórico	28
2.1 ¿Qué es el sistema nervioso?	29
2.2 Sistema cardiovascular	31
2.2.1 Sistema de conducción	33
2.2.2 Funcionamiento cardiaco	34
2.3 Sistema respiratorio	35
2.4 Sistema límbico	37
2.5 Las emociones y el ser humano	40

2.6 Anatomía del oído humano	41
2.7 ¿Qué es el sonido?	43
2.7.1 ¿Cómo se percibe el sonido?.....	44
2.7.2 Umbral de audición	45
2.7.3 Curvas isofónicas.....	46
2.8 Enmascaramiento sonoro	47
2.9 Bandas críticas y tasa de bandas críticas	48
2.10 Géneros musicales	49
2.10.1 Rock.....	50
2.10.2 Reguetón	51
2.10.3 Pop.....	52
2.10.4 Regional mexicano.....	53
2.11 ARTA.....	54
2.12 Reaper	55
Capítulo 3. Desarrollo.....	56
3.1 Metodología.	57
3.1.2 Delimitación de los géneros musicales.....	58
3.2. Diagramas de trabajo.....	60
3.3 Proceso de selección y mezcla de pistas	62
3.4 Cuestionarios.....	64
3.5 Condiciones acústicas del área de pruebas	66
3.6 Instrumentación para electrocardiograma	72
3.6.1 Electrocardiógrafo.....	72
3.6.2 Electrodos	72
3.6.3 Audífonos.....	73

3.6.4 Reproductor.....	73
3.7 Realización de pruebas	74
Capítulo 4. Pruebas y resultados	76
4.1 Interpretación de cuestionario 1	77
4.2 Interpretación de electrocardiogramas	80
4.3 Interpretación de cuestionario 2	84
4.4 Electrocardiogramas.....	87
4.5 Costo aproximado	96
Conclusiones.....	99
Consideraciones y propuestas.....	100
Referencias.....	101
Anexo	108

Objetivo

Proponer un método de análisis a la respuesta cardíaca que provocan los géneros musicales en las personas, identificando si a nivel cardíaco se pueden distinguir entre los mismos y observando si estos provocan alteraciones en función del voltaje y la frecuencia. Esto para los géneros rock, reguetón, regional mexicano y pop, considerando la participación en los estados de ánimo previo a los estudios.

Justificación

La escasa información y estudios relacionados o afines del tema, llevaron a la realización de este proyecto, buscando comprobar si la música es capaz de alterar las emociones en las personas, o si las canciones que ellos afirman que no son de su agrado, cardiacamente responden lo contrario, con esto posteriormente analizar de forma estadística mediante tablas, gráficas y porcentajes, los resultados obtenidos.

Con esta propuesta de metodología de análisis no invasivo se busca contribuir al sector de investigación desde el enfoque de ingeniería al desarrollo de terapias y estudios de carácter médico y psicológico, gracias a esta propuesta los sectores mencionados, se benefician al utilizar un método no invasivo, rápido y efectivo.

Introducción

En el trabajo presentado a continuación, como antecedentes se encuentra información referente a los orígenes musicales donde se muestra información de la música desde la época de las cavernas, la música como lenguaje y su importancia en el desarrollo social. La musicoterapia como antecedente, juega un papel importante dentro de este proyecto, al ser de los primeros métodos de terapia donde se involucra la música directamente. Los ruidos de color de alguna manera se relacionan en cuestión de la cantidad de estudios e información relevante a estos y sus características e impacto en los individuos. El electrocardiograma, pieza fundamental y principal herramienta de trabajo en este trabajo, se muestra desde sus características principales hasta los diferentes temas relacionados a su lectura e interpretación como los son, los vectores cardíacos, derivaciones bipolares, unipolares y precordiales.

En marco teórico, se encuentran temas desde la explicación de ¿qué es el sistema nervioso?, explicando el sistema cardiovascular, su sistema de conducción y el funcionamiento del corazón, esto con la finalidad de comprender la base del funcionamiento de este proyecto, el sistema respiratorio encargado directamente con la parte de la oxigenación de la sangre, el sistema límbico que, como se explica más adelante con todas las funciones que cumple en el cerebro. El tema de las emociones resulta importante de mencionar, ya que están directamente relacionadas en como las canciones son capaces de alterarlas o modificarlas. El oído humano, siendo el órgano encargado de percibir los sonidos provenientes del entorno. Importante mencionar y describir ¿qué es el sonido?, la forma en la que se percibe, cuál es el umbral de audición humana y las herramientas para identificar los límites de audición relacionados con la música y el habla, incluso hasta el umbral del dolor. El enmascaramiento sonoro relacionado a la psicoacústica, área en la que se encuentra este proyecto. Se describen los géneros musicales, ¿qué son? y las principales características que los componen y los diferencian del resto, abarcando desde el rock hasta el pop. La mención de los programas involucrados como REAPER, herramienta

utilizada para la edición y mezcla de las pistas y ARTA, programa utilizado para las mediciones acústicas del recinto donde se realizaron las pruebas.

Para su desarrollo se hizo un planteamiento del tamaño de muestra a utilizar y su justificación, el proceso de selección y de los géneros musicales a trabajar, el procedimiento del corte y mezcla de las pistas. se realizaron cuestionarios pre y post electrocardiograma para determinar cualitativamente los resultados de la prueba. Se consideraron las condiciones acústicas del laboratorio, para conocer si se acerca aproximadamente a las curvas de ruido requeridas para un hospital o consultorio médico. Se menciona la instrumentación utilizada para las pruebas desde el electrocardiógrafo hasta los audífonos utilizados.

Los resultados de los cuestionarios fueron analizados por medio de graficas donde se agrupan las respuestas de todos los sujetos estudiados, los ECG fueron interpretados en una tabla con su descripción en cada género respectivamente, mencionando las variaciones y perturbaciones observadas en las pruebas.

CAPÍTULO 1.

ANTECEDENTES

1.1 Orígenes musicales

Es difícil asegurar el origen de la música, no hay fechas precisas que daten de la primer canción creada, o cual fue el primer instrumento musical creado por el hombre, no se le puede atribuir únicamente al ser humano la creación de música , ya que en la naturaleza se encuentran distintos animales capaces de crear melodías, un claro ejemplo son las aves , que son capaces de producir sonidos (cantos) que utilizan dependiendo sus necesidades; tienen melodías para hacer llamados e incluso sus repertorios dependiendo del tipo y tamaño de ave.

Los griegos juegan un papel importante en la música históricamente hablando, ya que se les atribuye la escala fundamental dorian (re, mi, fa, sol, la, si, do, re), incluso fue Pitágoras el primero en dar una relación entre la música y las matemáticas, dividiendo una cuerda en doce partes, con diferentes longitudes y determino que a cierta longitud encontraba las notas musicales que conocen hoy en día.¹ [1]

Los griegos no son los únicos, hay otras civilizaciones que usaban la música y es parte característica de su cultura, por ejemplo, las culturas prehispánicas o en las tribus africanas de las que hoy en día, hay cientos de géneros o canciones derivadas de los sonidos primitivos de estas culturas.

Las aves y los seres humanos no son los únicos en responder a estímulos musicales, aunque no se ha comprobado, hay estudios donde se ve que las plantas son capaces de reaccionar a diferentes sonidos o frecuencias.² [2]

Directamente relacionado con la música se tiene el baile, que, de la misma manera, es difícil determinar sus orígenes, incluso si se remonta a la prehistoria, se pueden encontrar en cuevas diferentes pinturas donde se hace alusión al baile, incluso hay tumbas en la india, en donde se encuentran grabados de bailarines, que datan de más de 30 mil años.

¹Feria De Las Ciencias UNAM, « https://feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria23/feria353_01_pitagoras__la_musica.pdf,»

² <https://biologia.laguia2000.com/zoologia/el-desarrollo-del-canto-de-los-pajaros>.

Se estipula que, a falta de lenguaje, se tenía el baile para poder comunicarse entre los mismos miembros de la tribu.³ (figura 1.1) [3]

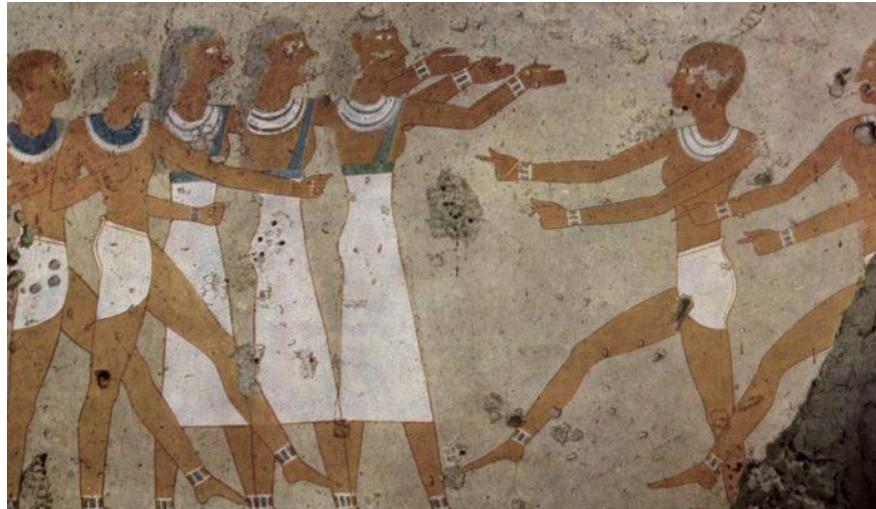


Fig. 1.1. Antiguos egipcios representando etapas tempranas de lo que hoy se conoce como fouette.

1.2 La música

La RAE define la música como el arte de combinar la voz humana o instrumentos musicales produciendo deleite, conmoviendo la sensibilidad, ya sea alegre o triste, combinando melodía, ritmo y armonía.⁴ [4]

La música está compuesta por lo musicológico y lo etnomusicológico, y, el sonido musical es el resultado de procesos de la conducta humana que se conforman por actitudes, creencias y valores de las personas de una cultura en específico. Este sonido musical no puede ser creado a excepción de las personas para otras personas.

La conducta humana crea la música, en el cual, el proceso es continuo; en sí, la misma conducta se conformó para la producción del sonido musical, por lo cual el estudio de la conducta influye en el sonido musical y viceversa.⁵ [5]

³ <https://www.superprof.mx/blog/nacimiento-del-baile/>.

⁴ <https://www.rae.es/drae2001/m%C3%BAsica>.

⁵ C. (Reynoso), "Antropología de la música..."; p. 191.

La música tiene cuatro partes que son esenciales: la armonía, la melodía, el ritmo y el timbre. [6]

- ✚ Ritmo. Es la proporción y el orden en la cual se agrupan los sonidos en el tiempo.
- ✚ Melodía. Es donde los sonidos tendrán una diferente altura, o entonación, al mismo tiempo animados por el ritmo, y se expresa una idea musical. En importancia sigue inmediatamente después del ritmo. La idea de la melodía va relacionada con la emoción intelectual.
- ✚ Armonía. En esta parte, la música, estudia la combinación u la formación de acordes⁶. [7] [6]
- ✚ Timbre. Es el color del sonido y viene enseguida del ritmo, la melodía y la armonía. Podemos hacer una analogía de la importancia del timbre en la música, así como el color a la pintura⁷. [6]

1.3 Música como lenguaje

La música más allá de ser una expresión artística, nace de la necesidad del ser humano por comunicarse, la música es el lenguaje que se encuentra más allá del lenguaje común, habla de la habilidad del ser humano de transformar su cotidianeidad en una narrativa interesante a los miembros que conforman su comunidad, sin la necesidad de articular palabras, es capaz de darle orden al ruido y crear melodías, ritmos y canciones que han desempeñado un papel trascendental en el desarrollo de la humanidad, desde los ritmos más primitivos de las tribus más antiguas hasta las piezas urbanas como el rock, jazz, blues, han tenido una repercusión importante en el desarrollo de la sociedad.

Cada época ha entregado un lenguaje musical determinado, formado a partir de las normas y los valores que imperan en la sociedad, aun así, la música será percibida en función del criterio de cada persona. Es necesario que se identifique como los individuos perciben la música y la conexión que tienen con el resto del comportamiento

⁶ A. (Copland), "Como escuchar la música", 1995; p.284.

⁷ F. M (García), "La más sencilla...Teoría de la música", 1995; p. 209

humano. No se puede negar la capacidad comunicativa de la música, sin ser un lenguaje, opera como tal, a través de procesos observables, medible y verificables, esto ha llevado a que nunca en la historia haya habido tanta música como la hay hoy en día, tanto que queda oculta su función conmutativa, y se ha ido perdiendo progresivamente la capacidad de interpretar su verdadero lenguaje.

1.4 La musicoterapia:

Los usos de la musicoterapia se remontan a los papiros médicos egipcios del año 1500 A.C, se hacía referencia al encantamiento de la música relacionada a la fertilidad de la mujer.

1.4.1 Etapa precientífica

Los griegos dieron a la música un uso lógico y razonable sin involucrar aspectos religiosos. Aristóteles hacía referencia al uso médico de la música y platón la recomendaba con danzas para las fobias.

Fue hasta el siglo XV, que Ficino, quien realiza los primeros esfuerzos por explicar la física detrás de los efectos musicales uniendo filosofía, medicina, música entre otras disciplinas.

A mediados del siglo XVII, Burton reunió todos los conocimientos disponibles de curación con música y en ese mismo siglo se comienzan a realizar una gran cantidad de estudios y tratados (figura 1.2), en el siglo XVIII se le adjudican 3 efectos a la música sobre las fibras del organismo las cuales son: calmante, incitante y armonizante.

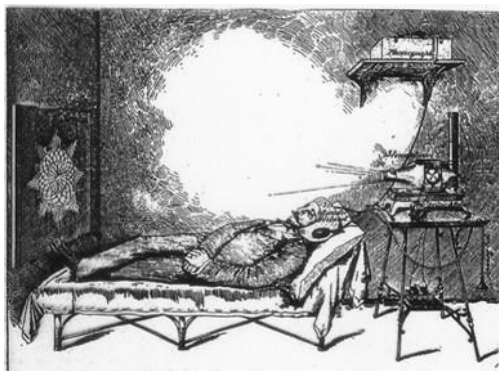


Fig. 1.2. Representación gráfica de musicoterapia en los años 1800.

1.4.2 Etapa científica

Entre los años 1900 y 1950 el creador y precursor de la musicoterapia fue Emilie Jacques Dalcroze, él era partidario que el organismo humano era susceptible a ser educado mediante impulsos musicales, sus discípulos fueron pioneros en terapia educativa rítmica.

Karl Orff, toma como base de su sistema de educación musical, el movimiento corporal, utilizando el cuerpo como elemento percusivo y el lenguaje en su forma más fundamental.

Durante la primera guerra mundial en los Estados Unidos, los hospitales de veteranos contrataban músicos como auxiliar terapéutico, esto le abrió camino a la musicoterapia, derivado de aquí se adquirió la experiencia y conocimiento necesario para que en 1950 se fundara la Asociación Nacional de Terapia Musical (figura 1.3) que hasta la fecha realiza un congreso anual e inicia la formación de terapeutas musicales, esta formación se da actualmente en universidades de estados, teniendo un alto rango de acción profesional.⁸ [8]

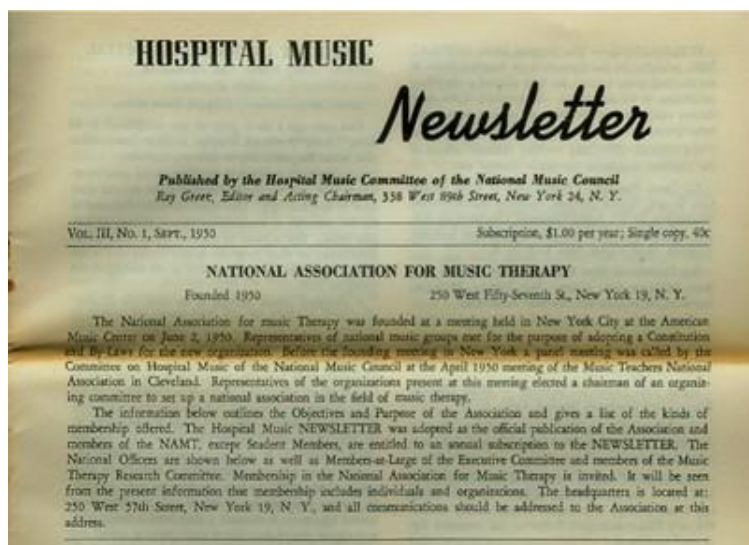


Fig. 1.3. Periódico anunciando la fundación de la Asociación Nacional de Terapia Musical.

⁸ <https://www.lamusicoterapia.com/etapa-inicial/>.

1.5 Ruidos de color

Los ruidos como todo sonido tienen una longitud de onda, es de ahí que existan los ruidos de color, los cuales se diferencian unos de otros por la densidad espectral, es decir, dependiendo su frecuencia y potencia se establecerá diferencias entre cada ruido.

Los colores azules y violetas (fríos), corresponden con las frecuencias vibratorias más altas, mientras que las más bajas serán las de los colores rojizos (cálidos). También existen los sonidos rosas, marrón o gris, con diferentes densidades espectrales, y todos estos sonidos afectan al cuerpo humano dependiendo de las características de cada uno, por ejemplo, el ruido blanco no trabaja apagando los otros espectros de ruido, sino que los integra.⁹ [9]

Estos ruidos de color en especial el ruido blanco, tienen la capacidad de crear atmosferas relajantes que favorecen la concentración, afectan el estado de ánimo de manera positiva, favorece la meditación incluso tiene efectos relajantes en el cuerpo. [10].

1.5.1 Características de los ruidos de color

Principales características de los ruidos de color:

- ✚ El ruido blanco se asemeja al ruido de un electrodoméstico, de un refrigerador funcionando, una secadora o los sonidos de sintonización de una radio o una televisión analógica, incluso también cuando llueve intensamente, las olas del mar, o el sonido que se percibe cuando las personas realizan la exclamación de silencio “¡Shhh!”.
- ✚ El ruido rosa se asemeja al sonido de instrumentos armónicos, o cuando se exclama con la boca el fonema “Ffff”, este decae 3 dBs por octava cuando aumenta la frecuencia, es un ruido blanco con atenuación en las frecuencias altas, por lo tanto, predominan las frecuencias bajas o bien los sonidos graves.

⁹ <https://www.saludadiario.es/opinion/salud-ruidos-colores>.

- ✚ El ruido marrón baja 6 dBs por octava a medida que aumentan las frecuencias altas.
- ✚ El ruido azul incrementa 3 dBs por octava cuando aumenta la frecuencia, es decir tiene baja potencia en bajas frecuencias o sonidos graves.
- ✚ El ruido gris se dice que es el auténtico ruido blanco, todas las frecuencias se perciben por el oído con la misma intensidad, este ayuda al individuo a entrar en estado de calma y relajación.¹⁰ [10]

En la figura 1.4 se observa gráficamente una comparación de la distribución de los ruidos.

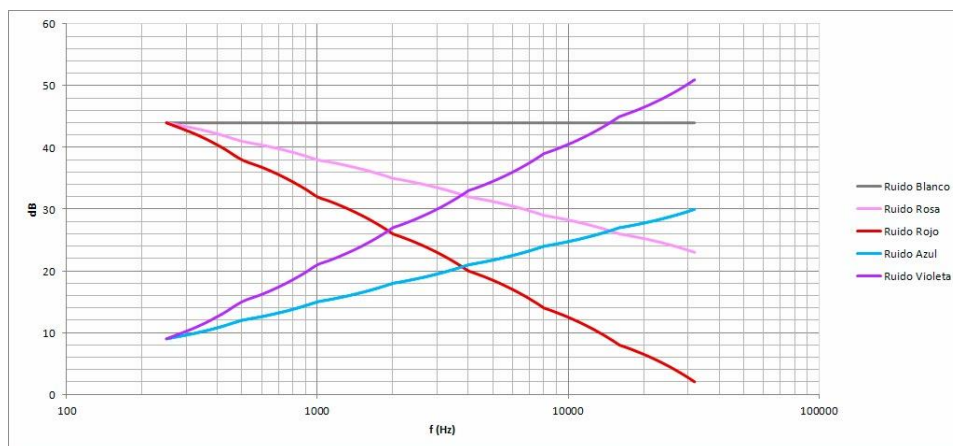


Fig. 1.4. Distribución de energía en dBs por frecuencia en cada uno de los ruidos indicados.

1.6 Electrocardiograma

Un electrocardiograma es un dispositivo electro médico, el cuál procesa y representa las señales electrocardiográficas, emitidas por el corazón a través de electrodos. La representación a partir del paso del estímulo eléctrico y se expresa en función del tiempo.¹¹ [11]

Este hace una representación gráfica de los impulsos eléctricos del corazón, estos impulsos muestran una lectura sobre el estado de salud del corazón, ya sea que este tenga anomalías o enfermedades, esto se observa en el electrocardiógrafo por medio

¹⁰ <https://www.ototech.es/blog/sirven-los-ruidos-color/>.

¹¹ P. A. (Daneri) "Electromedicina: Equipos de diagnóstico...". 2007; p. 208

de la onda P, la onda T, y los complejos Q, R, S (figura 1.5), denominados así por Einthoven de acuerdo con su orden de inscripción.

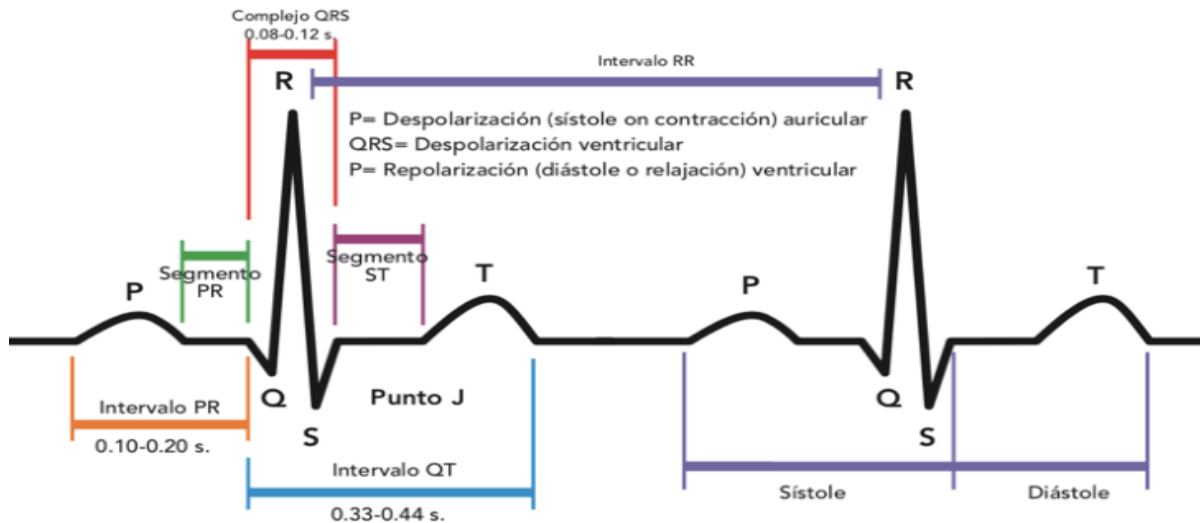


Fig. 1.5. Electrocardiograma con ondas, intervalos, segmentos y su relación con el ciclo cardíaco.

Donde:

P= contracción auricular

Q, R, S= Despolarización ventricular

T= relajación Ventricular.¹² [12]

Al realizar el electrocardiograma, la gráfica que representa una línea horizontal es captada por el electrodo que registra fenómenos eléctricos al exterior de un extremo de una célula que se encuentra en reposo (figura 1.6, 1-A). Al activarse la célula por un estímulo, o despolarizarse, daría lugar a la representación positiva del dipolo, que aumentará en altura y voltaje, conforme se acerque al electrodo (figura. 1.6, 2-B). Al descender el trazo reflejará la disminución en el efecto de activación del electrodo (figura. 1.6, 3-C). A continuación, se repolariza la célula que se despolarizó con un dipolo de recuperación, pero este vendrá con su parte negativa por delante (figura. 1.6,

¹²https://www.academia.edu/13679020/Diseño_y_Construcción_de_un_Electrocardiógrafo_de_bajo_costo?from=cover_page

4-D). La recuperación es más lenta, por lo tanto, la inscripción del trazo será lenta con una dirección inversa al trazo de despolarización (figura. 1.6, 5-E).

La curva obtenida en la última imagen (6-F) de la figura 1.6, es la suma algebraica de las curvas de activación y repolarización.¹³ [13]

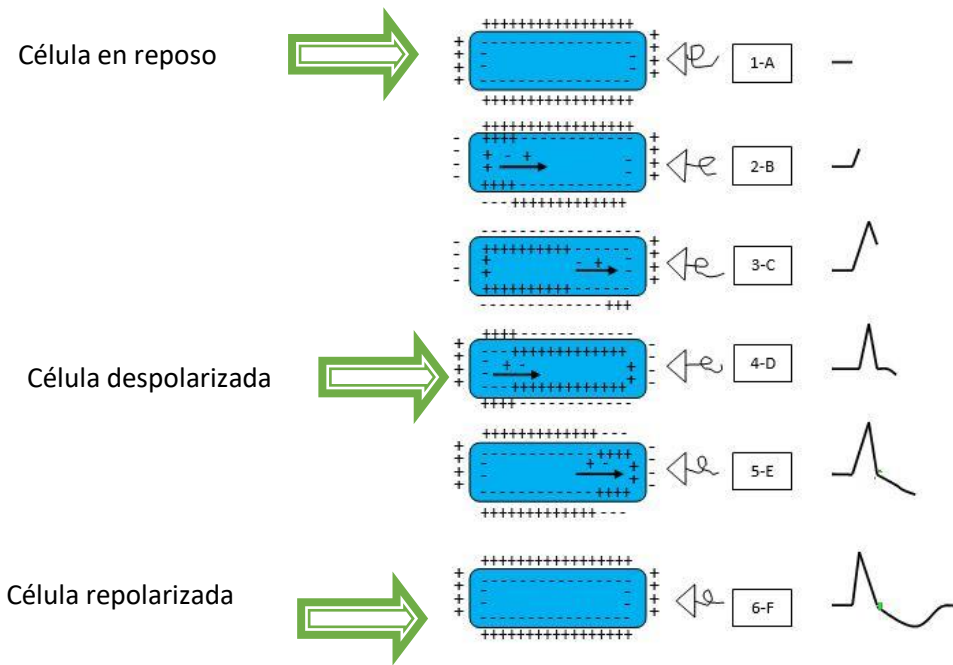


Fig. 1.6. Proceso de activación y repolarización de una célula para representar el comportamiento electro cardíaco del corazón.

El bajo costo que representa realizar un electrocardiograma y que a su vez proporciona una cantidad significativa de datos sobre el funcionamiento cardíaco, ha permitido diagnosticar y prevenir numerosos procesos relacionados con el corazón, ejemplo:

- ✚ Infartos de miocardio y de pulmón.
- ✚ Ritmos anormales o arritmias cardíacas.
- ✚ Alteraciones en el tamaño de las cavidades del corazón: dilatación o hipertrofia.

¹³ J.E. (Vela) "Introducción a la cardiología", 2000; p. 781.

- ✚ Alteraciones en los iones del organismo: sodio, potasio, calcio, entre otros.
- ✚ Pericarditis o alteraciones del pericardio.¹⁴ [12]

1.6.1 Vectores cardiacos

Las variaciones eléctricas se representan a través de vectores. La manera gráfica de representar un vector es mediante una flecha con una dirección, orientación y sentido. El trazo electrocardiográfico es la secuencia rítmica de los fenómenos eléctricos del corazón durante el periodo de activación. Suponiendo que, con el resultado de la suma de vectores de activación de la masa del ventrículo izquierdo (b) y el derecho (a), esto mediante la suma algebraica de ambos vectores y dibujando el paralelogramo de fuerzas resultante (c) como se muestra en la figura 1.7.

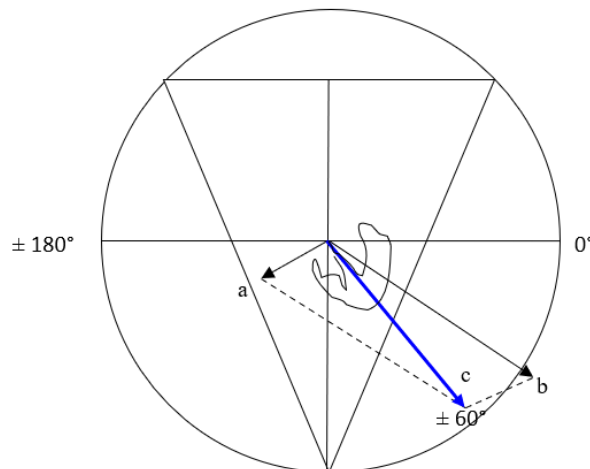


Fig. 1.7. Esquema de la suma de fuerzas de paralelogramo con los vectores a y b para determinar el vector de activación ventricular.

El resultado es la representación del vector medio instantáneo de activación ventricular en el plano frontal, también llamado eje eléctrico.

¹⁴https://www.academia.edu/13679020/Diseño_y_Construcción_de_un_Electrocardiógrafo_de_bajo_costo?from=cover_page.

Los 360° del círculo graduado con el vector se dividen en dos partes de 180° a partir de la horizontal: la inferior de 0° a 180°, y la superior, de 0° a -180°.

Al crecer los ventrículos el eje girará en el sentido del ventrículo crecido en el plano frontal; en la parte derecha el crecimiento de los ventrículos derechos y a la izquierda el crecimiento de los ventrículos izquierdos. [13]

1.6.2 Derivaciones bipolares, unipolares y precordiales

El corazón es un órgano tridimensional y los estímulos que se propagan en él tienen características vectoriales, o sea, orientación, magnitud y sentido.¹⁵ [13]

La actividad eléctrica se registra mediante placas eléctricas, ubicados en distintas partes del cuerpo, estas se denominan derivaciones. Las derivaciones se conforman en horizontales y frontales, y se registran en los planos perpendicular y paralelo las proyecciones de las fuerzas eléctricas, esto, respectivamente con el paciente recostado.

Las derivaciones en el plano frontal, es decir, paralelo al piso, en este plano la información se obtiene de los vectores en las direcciones hacia abajo o hacia arriba, y hacia la derecha o la izquierda. En el plano frontal las derivaciones pueden ser monopolares o bipolares.

Para las derivaciones bipolares la diferencia de potencial se obtiene entre dos puntos en el cuerpo, donde uno es el polo positivo y otro negativo.¹⁶ [11]

Einthoven escogió tres sitios de referencia, los cuales delimitan un triángulo equilátero, llamado triángulo de Einthoven. Esta herramienta, al igual, sirve para realizar cálculos matemáticos con respecto a la activación ventricular. Las tres derivaciones se enumeran como I, II y III. [13]

¹⁵ Luis (Ramos), "Nociones de anatomía humana", 1996; p.397.

¹⁶ P. A. (Daneri) "Electromedicina: Equipos de diagnóstico..."

La derivación I la corriente se colecta desde el hombro derecho hacia el hombro izquierdo, o de la muñeca derecha hacia la izquierda. Esta es una derivación bipolar, también llamada de dos polos.

En la derivación II la corriente se recolecta desde el hombro derecho hacia el tobillo izquierdo.

Por último, en la derivación III la corriente se recoge desde el hombro izquierdo hacia el tobillo izquierdo. Se puede visualizar la manera en la que se recoge la corriente en la figura 1.8

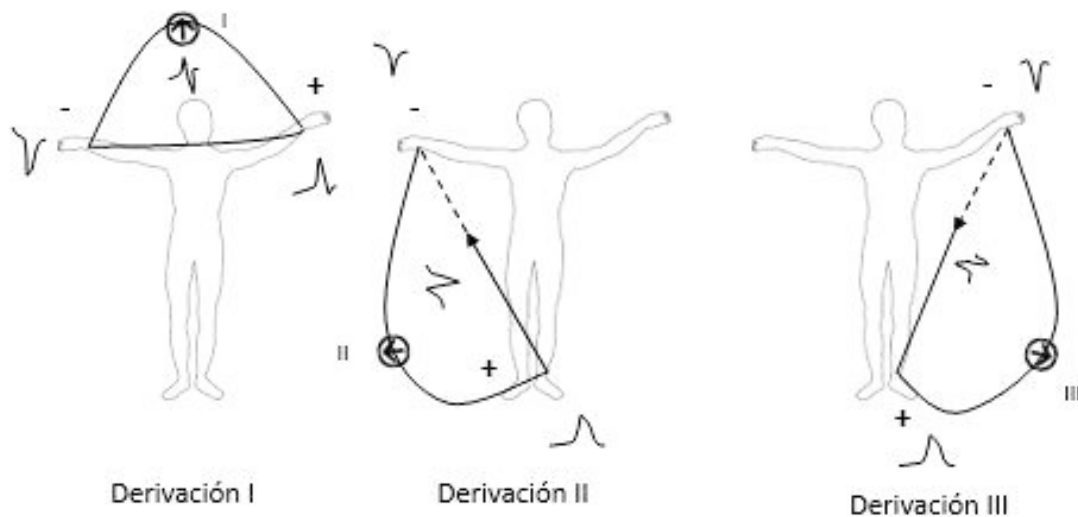


Fig. 1.8. Representación gráfica de las derivaciones bipolares I, II y III.

En la segunda derivación Einthoven tomó una polaridad invertida, para así, interpretar mejor la morfología del ECG. Así, al analizar las tres derivaciones bipolares como un mismo circuito cerrado se obtendrá la relación de la Ley de Einthoven, la cual es: $I + III = II$ (figura. 1.9-A). De esta manera, conociendo dos derivaciones se puede calcular la tercera.

En las derivaciones monopoles, o unipolares, es necesario separar las derivaciones bipolares en dos componentes individuales para obtener el potencial en un punto.

Esto se puede realizar mediante un método denominado Red de Wilson, que es un arreglo de resistencias de un mismo valor a un punto común llamado terminal central, y en el cual, a través del arreglo, se interconectan los electrodos que componen el triángulo de Einthoven (figura. 1.9-A), para así obtener un potencial cero. De esta manera se conecta un electrodo al brazo izquierdo (L), al derecho (R) o a la pierna, y respecto a la terminal central en la Red de Wilson, se miden y registran los potenciales absolutos monopoles de cada miembro, los cuales se denominan VL, VR y VF, tal como se puede observar en la figura 1.9-B. [11]

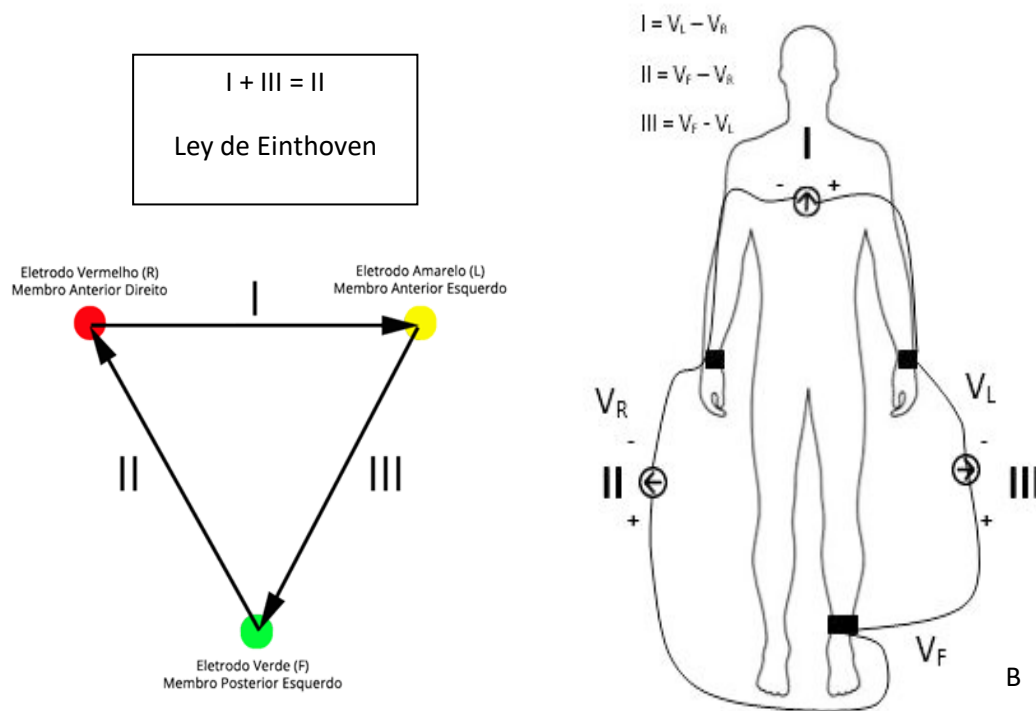


Fig. 1.9. A la izquierda está representado gráficamente el triángulo y la ley de Einthoven. A la derecha se representan los potenciales absolutos monopoles nombrados respectivamente como VR, VL y VF.

Las derivaciones precordiales fueron introducidas por Wilson, las cuales son unipolares, por el empleo de un solo electrodo. [13] Las derivaciones precordiales son el plano horizontal y son las que mostraran la situación anterior y posterior de las fuerzas eléctricas del corazón perpendiculares al plano frontal. [11]

En el registro de las precordiales uno de los electrodos explorará y los demás reúnen en un punto, al que llamamos central terminal en la Red de Wilson. Se exploran seis puntos los cuales van desde V1 a V6, potencial. V1 se registra en el cuarto espacio intercostal derecho que se ubica sobre el esternón; V2, al igual que V1, en el cuarto espacio intercostal, pero de lado izquierdo del esternón.; V3 estará entre V2 y V4; V4 también se ubicará de lado izquierdo en el quinto espacio intercostal al nivel de la línea medio clavicular; V5 en el lado izquierdo del quinto espacio intercostal sobre la línea anterior, y V6, en el mismo espacio, pero en la línea axilar media. (figura. 1.10) [13]

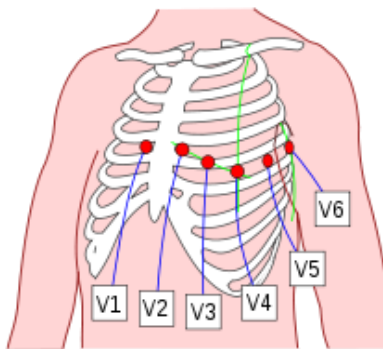


Fig. 1.10. Representación gráfica de las derivaciones precordiales desde V1 hasta V6.

1.6.3 Interpretación de electrocardiogramas

Para la activación completa del corazón consta de las ondas P mostradas en la figura 1.5, lo cual muestra una activación o despolarización auricular, mientras que Q, R, S la activación o despolarización ventricular y T, la repolarización o recuperación ventricular.

Al realizar una interpretación de un trazo electrocardiográfico se describen, ya sea, variable u ordenadamente la frecuencia, el ritmo, la anchura de Q, R, S, el intervalo P, R, el eje eléctrico de Q, R, S, P y T, y el espacio Q, T. Luego se pasará a describir cada onda y segmento que separa a las ondas; todas en términos de voltaje o altura son temporales o de duración.

En el papel electrocardiográfico cuadrado las rayas verticales corresponden a 0.04 segundos de distancia, y, en rayas más gruesas a 0.20 segundos de distancia. De esta manera, cinco líneas gruesas se pueden interpretar como un segundo.

El voltaje en el papel se mide en milímetros de altura, lo cual, entre dos rayas delgadas horizontales hay 1 mm; entre dos líneas gruesas, $\frac{1}{2}$ centímetro.

La unidad utilizada para la lectura que engloban las ondas se mide en Ashman, de 1 mm por cada lado, es decir, 0.04 segundos de duración o 0.1 milivolts. [13]

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

2.1 ¿Qué es el sistema nervioso?

El sistema nervioso es el encargado de transmitir señales entre el cerebro y el resto del cuerpo, esto incluye los órganos internos, es así como el sistema nervioso se encarga de controlar la capacidad de moverse, respirar, ver, pensar, entre otras cosas más.

La unidad básica del sistema nervioso es la célula nerviosa o también conocida como neurona. El cerebro humano contiene aproximadamente 100 mil millones de neuronas, estas neuronas tienen un cuerpo celular, las cuales las conforma el núcleo celular y extensiones especiales denominadas axones y dendritas, estos conjuntos de exones, denominados nervios, se encuentran alrededor de todo el cuerpo humano. Los axones y dendritas permiten que las neuronas se comuniquen, incluso a través de largas distancias.

El sistema nervioso está conformado principalmente por:

- ✚ El sistema nervioso central, el cual se compone por el cerebro y la medula espinal.
- ✚ El sistema nervioso periférico, el cual está compuesto por todos los nervios que se ramifican desde la medula espinal y se extienden a todas las partes del cuerpo.

Los diferentes tipos de neuronas controlan o realizan diferentes actividades, por ejemplo, están las neuronas motoras, las cuales transmiten mensajes del cerebro a los músculos para generar movimiento, las neuronas sensitivas detectan la luz, sonido, olor, sabor, presión y calor y envían mensajes sobre estas cosas al cerebro. Existen otras partes del sistema que se encarga de controlar los procesos involuntarios, como lo son el mantener latidos regulares, liberación de hormonas como adrenalina, abrir o cerrar la pupila en respuesta a diferentes intensidades de luz y regular el sistema digestivo.

La forma en la que las neuronas se comunican (figura 2.1), es por medio de señales eléctricas, cuando una neurona envía un mensaje a otra, envía una señal a lo largo de su axón, en el axón de destino la señal eléctrica, se convierte en una señal química, el axón libera una señal química con mensajeros químicos los cuales se les denomina neurotransmisores en la sinapsis, que es el espacio entre el extremo del axón y la punta de la dendrita de otra neurona, entonces los neurotransmisores pasan la señal eléctrica a través de la sinapsis hasta la siguiente dendrita, que es la que vuelve a convertir la señal química en señal eléctrica, esta viaja entonces por la neurona y pasa por el mismo proceso de conversión a medida que se traslada a las siguientes neuronas.

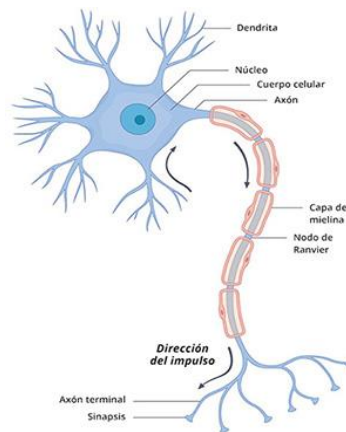


Fig. 2.1. Ilustración del envío de señales del sistema nervioso.

También a las células no neuronales, las cuales se conocen como gliales, se encargan de mantener al sistema nervioso en correcto funcionamiento:

- ✚ Ayuda a mantener y soportar las neuronas en su lugar.
- ✚ Protegen a las neuronas.
- ✚ Producen un aislamiento conocido como mielina, este se encarga y ayuda a mover los impulsos nerviosos.
- ✚ Reparar y ayudan a restaurar la función neuronal.
- ✚ Recortan las neuronas muertas.
- ✚ Regulan los neurotransmisores.¹⁷ [14]

¹⁷ <https://espanol.nichd.nih.gov/salud/temas/neuro/informacion/partes>.

2.2 Sistema cardiovascular

El sistema cardiovascular es conformado por el aparato circulatorio y el corazón. El corazón es un órgano muscular hueco ubicado en el mediastino medio de la cavidad torácica, detrás del esternón, entre los pulmones, delante de la columna vertebral torácica y encima del diafragma; éste va a actuar como una bomba que aspira e impele, administrando sangre a cada sistema, tejido, músculo y célula del cuerpo, el cuál comienza a trabajar a las 3 semanas de la vida fetal. A causa del bombeo provocado por el corazón se genera el sistema circulatorio unidireccional, o también llamado “circulación”, éste permite la distribución de oxígeno y otras moléculas indispensables para la vida, al igual que eliminación de desechos como el dióxido de carbono.¹⁸ [15]

La función general de las arterias es transportar sangre desde el corazón a la periferia del cuerpo y a los pulmones. Se encuentran de tipo elástico como las próximas al corazón y la aorta, y de tipo muscular como lo son, en su mayoría, las arterias, femorales y braquiales. En el caso de las venas transportan, desde la periferia corporal, la sangre al corazón. Se dilatan con facilidad y, al igual, tienen una función de reserva. Las venas transportan sangre con poca, o escasa, oxigenación, las cuales forman parte de la circulación sistémica; las venas con buena oxigenación son las de la circulación pulmonar. En su mayoría las venas recorren en forma paralela a las arterias. Comparándolas con las arterias su circulación es variable y la presión sanguínea es menor.

Las venas, los capilares y las vénulas forman parte del sistema de baja presión del sistema circulatorio, puesto que las venas transportan la sangre contra la fuerza de gravedad. Algunas venas más grandes de los miembros y de la parte inferior del cuello disponen de válvulas venosas que ayudan con el flujo del líquido.¹⁹ [17]

El sistema venoso superficial se sitúa, en mayor cantidad, en el tejido graso subcutáneo, a su vez conectado con un sistema venoso profundo que suele estar en

¹⁸ Luis (Ramos) “Nociones de anatomía humana”, 1996

posición paralela al sistema arterial. Ambos sistemas están conectados por válvulas venosas, y, de este modo, la sangre solo fluye del sistema superficial al profundo.

El organismo de un adulto contiene aproximadamente del 8% al 10%, del peso corporal, de líquido vital rojo, la cantidad varía dependiendo la edad, sexo, altura y el peso. La sangre se compone alrededor del 55% (del volumen total) por plasma, que es un líquido amarillizo, y de una parte marrón, donde se constituyen las células sanguíneas. El plasma contiene muchos elementos como proteínas, vitaminas, minerales, grasas, glucosa, aminoácidos, además de desechos como urea y bilirrubina. Las células sanguíneas se componen en tres categorías:

- ✚ Glóbulos rojos o hematíes. Son células pequeñas con hemoglobina, que es lo que le da la pigmentación, y su duración de vida, en promedio, es de 120 días.
- ✚ Glóbulos blancos o leucocitos. Conocidos como las defensas del organismo, más grandes que los glóbulos rojos y en menor cantidad. Éstos si contienen un núcleo y hay varios tipos, algunos son: polinucleares, linfocitos y monocitos.
- ✚ Plaquetas. Son las células más pequeñas, sin núcleo, que ayudan en la coagulación. Cuando hay una herida se adhieren para taparla, liberan parte de su contenido provocando una reacción química para formar el coágulo de fibrina.

El corazón se constituye de 4 cavidades:

- ✚ Corazón derecho – sangre venosa. Se encuentra el ventrículo y la aurícula derechos.
- ✚ Corazón izquierdo – sangre arterial. Se encuentra el ventrículo y la aurícula izquierdos.

Por las aurículas entra la sangre al corazón y sale por los ventrículos. Al salir la sangre por un ventrículo volverá a entrar al corazón por la aurícula contraria. Por la aurícula que salga la sangre irá al ventrículo del mismo lado y la sangre salida por el ventrículo izquierdo la llevará a la aorta, la cual da nutrientes al organismo y al mismo corazón. La sangre expulsada por el ventrículo derecho es llevada por la arteria pulmonar para realizar intercambio gaseoso con el exterior, llamado hematosis. La sangre del corazón

es transportada por las arterias hacia los órganos, también generando intercambios gaseosos, y, las venas harán lo opuesto. Los vasos linfáticos ayudan a la circulación de regreso desembocando en el sistema venos con ayuda del canal torácico. [15] [16] [17]

2.2.1 Sistema de conducción

Las contracciones, o latidos, en el corazón son causadas por el músculo cardiaco, lo que significa que manda un impulso eléctrico originado en el nódulo sinoauricular que se ubica en la parte superior en la aurícula derecha. El nódulo sinoauricular es también conocido como “marca pasos natural” en el corazón. Cuando el nódulo sinoauricular manda un pulso eléctrico se estimula la contracción auricular. Al pasar este pulso por el nódulo auriculoventricular lo envía por medio de las fibras musculares de los ventrículos, así, estimulando su contracción. Aun cuando el nódulo auriculoventricular envíe pulsos con una velocidad determinada, la frecuencia cardiaca va a variar a partir de las demandas corporales como el estrés, tensión o factores hormonales. Se puede observar la ubicación de los ventrículos, aurículas y nódulos en la figura 2.2. [18]

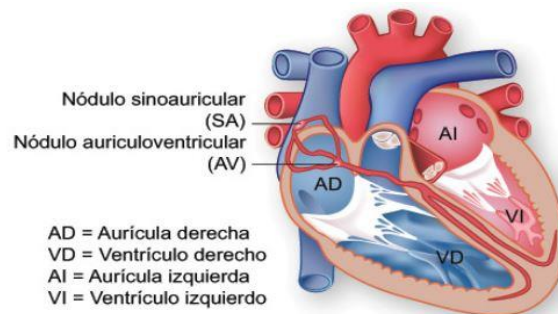


Fig. 2.2. Corazón con la ubicación de los ventrículos, aurículas y nódulos. [18]

En todas las células vivas existe un potencial eléctrico, denominado potencial de reposo transmembrana, que se encuentra entre su interior y el líquido que las rodea, en el cual su interior es negativo a comparación del exterior. En la naturaleza se pueden encontrar potenciales de reposo entre 40 y 120 mV .

Al ser estimuladas correctamente las células responden produciendo un intercambio iónico en el interior, el cual modifica el potencial de reposo. A estos cambios se les denomina potenciales de acción.

De acuerdo con las magnitudes eléctricas de cada célula, se clasifican en muy excitables o poco excitables, en donde las poco excitables, como las células glandulares y epiteliales, por mencionar algunas, requieren estímulos fuertes. Las muy excitables, a diferencia de las anteriores, responden ante estímulos leves, como las musculares y nerviosas.

Al pasar el impulso eléctrico se positiviza el músculo cardíaco, y al mismo tiempo, va negativizando la zona de la que se aleja. De esta manera se puede representar con un dipolo. [11]

2.2.2 Funcionamiento cardíaco

Las contracciones en el corazón son, aproximadamente, 70 veces por minuto. En cada contracción envía entre 65 y 100 cm³ de sangre, o sea, de 5 a 7 litros por minuto. La bomba cardíaca funciona gracias al miocardio que es un músculo.

Como se señaló, el corazón está dividido en parte izquierda y parte derecha, y cada una se compone de una aurícula y un ventrículo. Por otra parte, está cubierto por una membrana llamada pericardio, y, por otro lado, sus cavidades están protegidas por una capa de células, o sea, el endocardio.

El miocardio, generalmente late a un ritmo constante hasta completar un ciclo, o revolución cardíaca, la cual se divide en dos etapas: la diástole y la sístole. Durante la diástole, también llamada dilatación, el corazón se henchía de sangre. En el proceso de la sístole, o contracción, las aurículas participan primero, seguido de los ventrículos. La válvula tricúspide permitirá que la sangre fluya desde la cavidad superior derecha hasta la cavidad inferior derecha, con la finalidad de bombear para que los pulmones reciban oxígeno (figura. 2.4).

El ventrículo izquierdo arroja la sangre hacia la aorta, ya oxigenada (proceso de circulación normal), y el ventrículo derecho arroja la sangre con poca oxigenación a las arterias pulmonares, generando una pequeña circulación (figura. 2.3). [17]

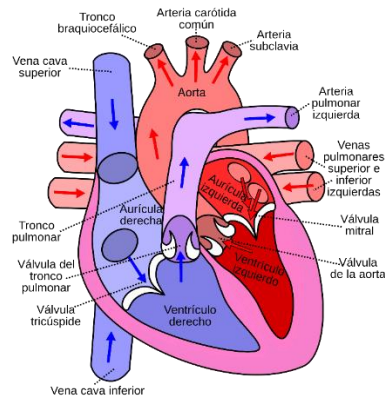


Fig. 2.3. Ilustración representativa de la anatomía del corazón.

2.3 Sistema respiratorio

El sistema respiratorio está constituido, principalmente, por la nariz, su parte interna, o sea, las fosas nasales; la tráquea, la laringe, los bronquios, los pulmones y los bronquiolos, tal como se observa en la figura 2.4.

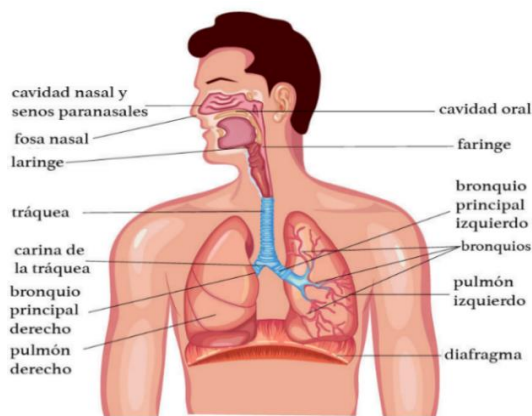


Fig. 2.4. Ilustración del sistema respiratorio.

Por sus funciones fundamentales se pueden mencionar la porción conductora, la porción respiratoria y el mecanismo de ventilación.

La porción conductora, en donde participan las fosas nasales y los senos paranasales, y, en caso de existir una obstrucción nasal, la cavidad bucal u oral funciona también como vía aérea. En las vías aéreas se entibia y humedece el aire inspirado, gracias a los vasos sanguíneos en la nariz, al igual que se eliminan vapores, polvo, bacterias, entre otros, captados por las membranas de las mucosas húmedas.

La porción respiratoria es donde tiene continuación la porción conductora y es donde se lleva a cabo el intercambio entre la sangre y el aire que se inspiró, del oxígeno con el dióxido de carbono.

El mecanismo de ventilación cambia el aire con la porción respiratoria, compuesta por el diafragma, huesos y cartílagos del tórax, músculos respiratorios y el tejido elástico de los pulmones.²⁰ [19]

Se conoce que la respiración son una serie de movimientos por los cuales el aire entra y sale del sistema respiratorio, proporcionando oxígeno y eliminando dióxido de carbono de las células.

En la ventilación el aire pasa por el tracto respiratorio desde las cavidades nasales hasta llegar a los bronquiolos; el aire entra en el proceso de la inspiración y sale en la espiración.

El proceso de la inspiración se realiza con la contracción de los músculos respiratorios, el diafragma, que es el músculo inspirador principal, descenderá y los músculos aumentan las dimensiones del tórax, y, así, el volumen de los pulmones da el espacio necesario para el aire.

En el proceso de la espiración los músculos se relajan para poder disminuir el volumen de los pulmones y la dimensión del tórax.

La respiración externa se constituye por la ventilación y la hematosis, dónde, en esta última, se ejecuta el intercambio de oxígeno y el bióxido de carbono entre la sangre y

²⁰ Annemarie (Brüel) "Geneser histología", 2014; p.768

los sacos alveolares, ubicados al final de los árboles bronquiales (figura 2.5), lo cual significa que se oxigena la sangre.

El aire que se inspira contiene un aproximado de 20% de oxígeno y el aire que se espira un 16%; el organismo retiene casi 4% de aire y elimina 0.4% de vapor de agua y bióxido de carbono.

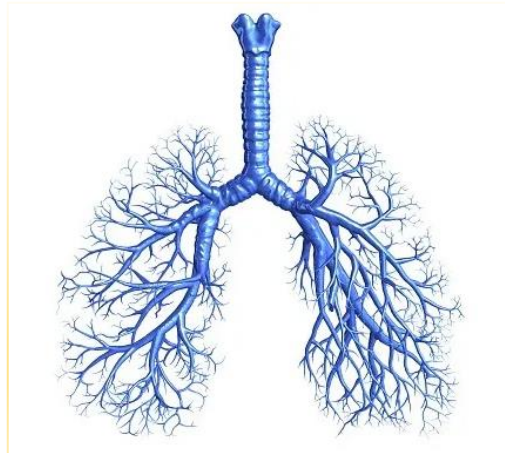


Fig. 2.5. Árboles bronquiales.

Al producirse la respiración interna se efectúa la externa, en la cual la sangre regresará al corazón por conducto de las venas pulmonares que se verterán en la aurícula izquierda, pasando al ventrículo izquierdo, hasta llegar a los tejidos. El oxígeno pasa a las células, al igual que el bióxido de carbono a la sangre. Un aspecto clave es que la sangre no libera todo el oxígeno de los tejidos, ni el bióxido de carbono de los pulmones, dado que ambos son igual de importantes para la vida del organismo, ya que el bióxido de carbono da un equilibrio al pH del plasma. [20]

2.4 Sistema límbico

El significado de la palabra límbico hace referencia a margen o borde, rodeando el cuerpo calloso y la parte superior del tronco encefálico en donde se encuentran una serie de estructuras en el borde interno del cerebro y el piso del diencefalo o cerebro intermedio.

Se compone los cuerpos mamilares, la amígdala, algunos núcleos del tálamo, el hipotálamo, el estriado ventral y el fórnix.

- ✚ El lóbulo límbico es un reborde que se encuentra en la superficie. Este también incluye el surco del cíngulo, ubicado en el cuerpo caloso, y por el giro parahipocampal, ubicado en el lóbulo temporal. El hipocampo es una parte del giro parahipocampal extendido en el piso del ventrículo lateral.
- ✚ El hipotálamo situado debajo del tálamo siendo la pequeña parte del diencefalo.
- ✚ El giro dentado se ubica entre el hipocampo y el giro parahipocampal.
- ✚ La amígdala se encuentra cerca de la cola del núcleo caudado, compuesta por diferentes grupos neuronales.
- ✚ Los tubérculos mamilares del hipotálamo están próximas a la línea media y cerca de los péndulos cerebrales, son dos masas con forma redonda.
- ✚ Los núcleos septales están localizados en el área septal compuesta por la región inferior del cuerpo caloso y el giro para terminar, que es un giro cerebral.
- ✚ Los bulbos olfatorios se encuentran en la vía olfatoria, con forma aplanada, sobre la lámina cribosa de etmoides.
- ✚ La estría medular, la estría terminal, el fórnix, el tracto mamilotalámico y el fascículo telencefálico medial se vinculan mediante haces de axones mielíticos para la interconexión. (ver figura 2.6).

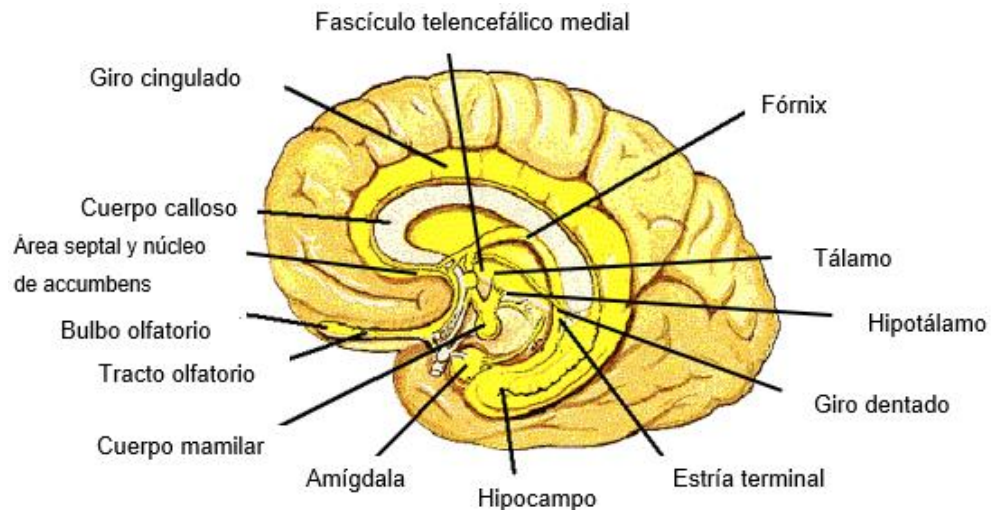


Fig. 2.6. Sistema límbico.

Este sistema representa un papel fundamental para la expresión de las emociones, y, al mismo tiempo, está relacionado con el olfato y la memoria.

Si en una persona se presentara una lesión en la amígdala no podría reconocer expresiones de temor en otros, ni expresarlo en situaciones específicas, por ejemplo, al sufrir un ataque de un animal.

El sistema límbico actúa, en colaboración con otras partes del cerebro, en la memoria, y un daño a este provocaría deterioro a la memoria. [21]

A partir de la identificación de cada parte, (apoyándose de la figura 2.6) la circunvolución de cíngulo controla funciones cognitivas y afectivas; el septum, localizado en el área septal, se relaciona con sensaciones placenteras y las necesidades primarias; el fórnix se encarga de llevar la actividad cognitiva normal; ahora bien, los cuerpos mamilares captan los pulsos provenientes del hipotálamo y la amígdala, y los envía por el tracto mamilotalámico hasta llegar al tálamo.

Los bulbos olfatorios tienen funciones metabólicas y reproductivas, esto al llegar un estímulo del bulbo a la corteza olfatoria, y así pasar al hipotálamo que realizará las respuestas.

La amígdala lleva a cabo las funciones del aprendizaje de conductas y supervivencia, mediando y controlando emociones como la tristeza, la pasión y el miedo, el hipocampo haciendo la esencial función de la memoria a corto plazo.

El hipotálamo medial, el hipocampo y los núcleos septales trabajan en conjunto en la memoria y la atención selectiva, regulando las emociones y el estado de alerta, manteniendo al organismo en estado de quietud o calma, a la espera de un estímulo.

El núcleo de accumbens, hoy en día, es de los más estudiados en el sistema límbico, ya que se relaciona con la adicción, la euforia, la atención, los pensamientos obsesivos, el apego, la recompensa y el placer. [22]

2.5 Las emociones y el ser humano

En el ser humano hay dos elementos fundamentales para su coexistencia, el lenguaje y las emociones.

Las emociones comienzan partiendo de los sentidos, de lo que se oye, se ve, se huele y se siente, con base en esto se crea un aprendizaje o un recuerdo.

En el sistema nervioso coinciden las señales que son captadas por el receptor para después ser procesadas por la compleja red del sistema neuronal y, así, manifestar un movimiento.

Las emociones son muy complejas, dependen de experiencias positivas o negativas a la evaluación de quién las vive, y, a través de éstas se relacionará con un entorno. Las emociones se relacionan con los funcionamientos neurobiológicos que dan paso a ciertos movimientos o posiciones, para así relacionarlo con un sentir como la furia, la felicidad, o la tristeza. En la cotidianeidad, alguien como observador considera lo que expresa una persona, en ese instante, a partir de ciertos movimientos, o conductas, por ejemplo, que se siente feliz; esto por los cambios, movimientos y desplazamientos que manifieste el individuo en el entorno.

En el desarrollo del ser humano el lenguaje ha sido un vértice importante para la comunicación y expresión entre unos y otros, ya que, algunas emociones nacen meramente del lenguaje, como la vergüenza, los celos o la envidia. [23]

La música, desde la antigüedad, ha estado ligada al ser humano, por lo tanto, también a las emociones; ésta puede evocar a recuerdos, ayudar a liberar tensión, emocionar o relajar.

La percepción y producción de música requiere el uso de diversos recursos cognitivos, al igual se considera una actividad humana compleja hasta considerarla capaz de modificar la conciencia.

Hoy en día no existe, detalladamente, el funcionamiento y roles de las distintas partes del cerebro con respecto a la generación de las emociones; debido a esto, se utiliza la

música como instrumento para el estudio de las funciones y capacidad del cerebro en relación con las emociones.

Cuando se escucha una pieza musical y hay una reacción, cómo escalofríos, viene acompañado de múltiples reacciones fisiológicas y biológicas como alteración o disminución en la frecuencia cardíaca, respiratorio, presión arterial, movimiento de los músculos, cambio en la conducta de la piel, producción de dopamina, entre otras, que culminan desde la estimulación al baile hasta la relajación. [24]

Al escuchar música placentera se activan regiones límbicas relacionadas con respuestas eufóricas, como las que se experimentan al comer, tener sexo o con las drogas.

La música contiene patrones rítmicos regulares que tratan de provocar pronósticos sobre lo que se escuchará, si se acierta la reacción es el flujo de dopamina, emociones placenteras y baile.


Las expectativas que todos tienen de la música dependen ciertamente de diferentes factores culturales, y éstos varían entre una cultura y otra; por ejemplo, un músico al afinar cuerdas trata de adaptar expectativas hasta un punto preciso.

Meyer menciona que la respuesta a la cuál estimula la música depende de la relación entre la emoción y la razón en el cerebro de quién la escucha, condicionada, al igual, por otros factores como si se escucha en grupo o solo.

En algunas ocasiones no produce emoción alguna o no se puede reconocer lo que genera, y de misma manera, se puede distinguir una canción triste y no sentir tristeza. [25]

2.6 Anatomía del oído humano

El oído es el órgano encargado de la audición y el equilibrio, las partes que lo conforman son:

 El oído externo, compuesto por:

- ✚ pabellón auricular o la aurícula. Parte externa.
- ✚ Conducto auditivo externo. Este conducto que conecta el oído externo con el oído interno o también oído medio.
- ✚ La membrana timpánica (también llamada tímpano). Es la membrana que separa el oído externo del oído medio.
- ✚ El oído medio (cavidad timpánica), compuesta por:
 - ✚ Los tres pequeños huesos conectados que transmiten las ondas sonoras al oído interno. Los huesos llevan por nombre:
 - ✚ Martillo.
 - ✚ Yunque.
 - ✚ Estribo.
 - ✚ Las trompas de Eustaquio. Conducto el cual une el oído medio con la parte posterior de la nariz. La trompa de Eustaquio, este ayuda a equilibrar la presión en el oído medio. Se necesita una presión en equilibrio para obtener una transferencia adecuada de las ondas sonoras. La trompa de Eustaquio se encuentra recubierta por mucosa, así como el interior de la nariz y la garganta.
- ✚ Oído interno, compuesto por: (figura 2.7)
 - ✚ La cóclea (contiene nervios de la audición).
 - ✚ El vestíbulo (contiene receptores para el equilibrio).
 - ✚ Los conductos semicirculares (que contienen receptores para el equilibrio). [26]

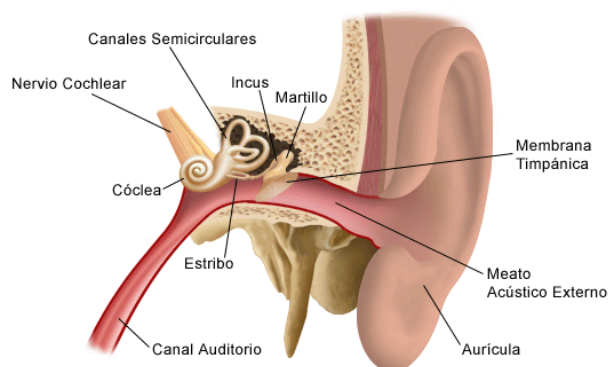


Fig. 2.7. Anatomía del oído humano.

2.7 ¿Qué es el sonido?

El sonido es cualquier fenómeno físico, que involucre la propagación de ondas mecánicas, a través de un medio, que genera un movimiento vibratorio de un cuerpo, estas ondas mecánicas, no necesariamente son audibles.

El rango audible de los seres humanos se encuentra entre los 20 y 20,000 Hz, consisten en ondas sonoras y acústicas que se producen cuando las oscilaciones de presión de aire son convertidas en ondas mecánicas en el oído humano y percibidas por el cerebro. Para comprender como funciona la propagación de una onda sonora, se pueden hacer varias analogías relacionadas a la propagación de rizados en la superficie de un estanque (figura. 2.8).



Fig. 2.8. Propagación de ondas en la superficie del agua.

Ambas perturbaciones viajan alejándose de su fuente a una velocidad constante, así mismo, ambas perturbaciones se propagan mediante un intercambio de momento, y no a una transferencia neta de materia lejos de la fuente sonora, del mismo modo que no hay flujo neto de fluido en el estanque.

La distinción importante de esta analogía es, que los rizados se propagan mediante ondas transversales (figura. 2.9), es decir, la velocidad de la partícula está en ángulo recto con respecto a la dirección de propagación.

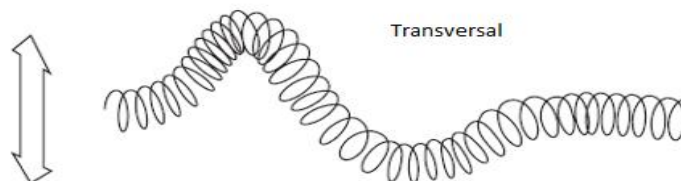


Fig. 2.9. Onda transversal.

Por su parte la propagación del sonido en el aire se propaga mediante ondas longitudinales (figura. 2.10), es decir, la velocidad de la partícula está en la misma dirección de la propagación [27]



Fig. 2.10. Onda longitudinal.

2.7.1 ¿Cómo se percibe el sonido?

Los sonidos son administrados por el oído externo, el cual lo conforma el pabellón auricular y el conducto auditivo externo, este se conduce a través del conducto auditivo hasta llegar al oído medio.

Cuando el sonido entra por el canal auditivo para entrar en contacto con el tímpano (figura 2.11), éste se excita y comienza a vibrar, debido a que es una membrana flexible y circular, gracias a este movimiento, las ondas sonoras pasan al oído medio a través de la ventana oval.

El oído medio está formado por tres huesos minúsculos, que llevan por nombre martillo, yunque y estribo, se les conoce colectivamente como osículos auditivos, el tímpano es el encargado de cuidar estos tres huesos a través de su membrana, la medida de estos tres huesos juntos es de aproximadamente 18 milímetros y son los más pequeños del cuerpo humano.

La platina del estribo es la encargada de empujar la ventana oval poniendo en movimiento la perilinfa que está contenida en el oído interno, estos tres músculos forman una conexión entre el tímpano y la entrada del oído interno, estos interactúan y amplifican las vibraciones hacia el oído interno.

Dentro del oído interno se localiza la cóclea, que tiene forma de caracol y contiene secciones en su mayoría de membranas que están rellenas de fluidos acuoso, cuando las ondas sonoras vibran en la ventana oval, el fluido comienza a moverse, lo cual ocasiona el movimiento de las células ciliadas de la cóclea [28]

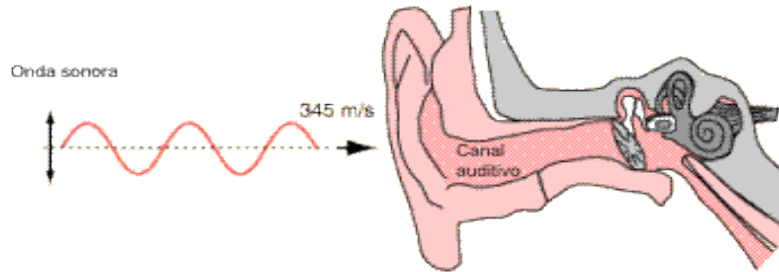


Fig. 2.11. Ilustración del oído humano percibiendo sonido.

La audición comienza en el oído externo, cuando se produce un sonido, este pasa por el oído externo, las vibraciones, pasan por el conducto auditivo externo y estimula el tímpano. El tímpano vibra, estas vibraciones pasan por los tres huesos del oído medio, los pequeños huesos amplifican el sonido y se transmiten las ondas sonoras al oído interno y en el órgano de la audición.

Una vez que las ondas sonoras llegan al oído interno, se convierte en impulsos eléctricos, los cuales el nervio auditivo envía al cerebro, por último, el cerebro interpreta estos impulsos en sonido. [26]

2.7.2 Umbral de audición

El oído humano solo es capaz de percibir sonidos dentro de las frecuencias de 20 Hz y 20,000 Hz, a este rango de frecuencias se le denomina rango audible, las ondas por debajo de los 20 Hz se les conoce como infrasonidos y las ondas superiores a los 20,000 Hz se les denomina ultrasonidos. (ver figura 2.12)



Fig. 2.12. Espectro de audición del ser humano.

2.7.3 Curvas isofónicas

En las curvas de Fletcher y Munson o también conocidas como curvas isofónicas (de igual sonoridad), se obtienen después de la comprobación experimental de la relación de que tan alto se percibe un sonido a lo largo del rango de la audición humana. En ellas se puede observar (figura 2.13), como el oído humano, es más susceptible a las frecuencias medias y medias altas, a diferencia de las frecuencias graves y agudas. También se ve como a medida que aumenta la intensidad acústica, las curvas se aplanan, debido a una reacción del tímpano para protegerse de los altos volúmenes. [29]

El inconveniente con las curvas de Fletcher y Munson es que únicamente son válidas para un campo sonoro directo, no toman en consideración que no se percibe el sonido igual cuando vienen de distintas direcciones. [30]

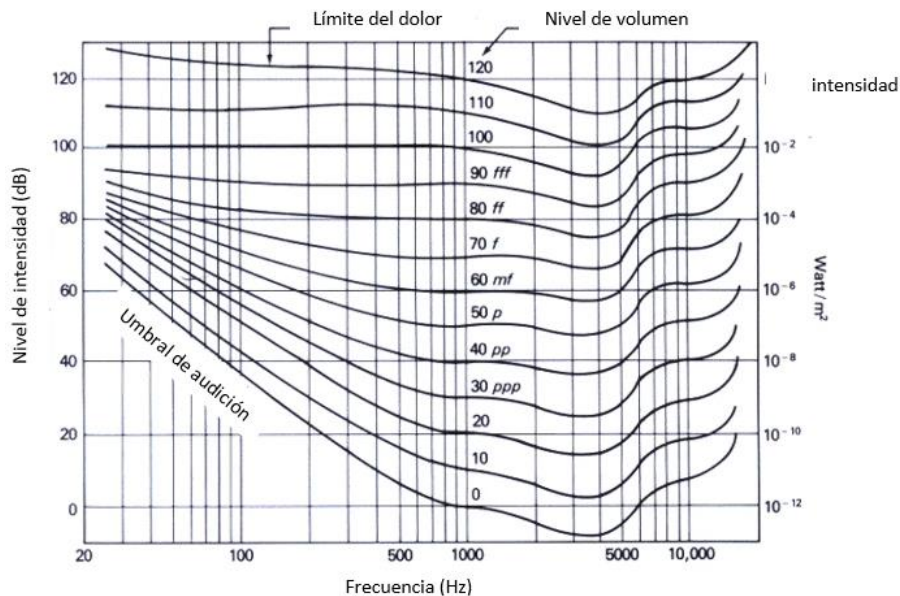


Fig. 2.13. Curvas de Fletcher y Munson o curvas isofónicas (de igual sonoridad).

Curvas de Wegel; la gráfica que se conoce como curva de Wegel, dentro de ella, abarca el umbral de audición humana, al mismo tiempo integra los márgenes utilizados por la música y el lenguaje articulado.

En la curva se observa (figura 2.14), como el umbral del dolor no corresponde a los mismos dBs en todas las frecuencias, sino que estos varían dependiendo la frecuencia.

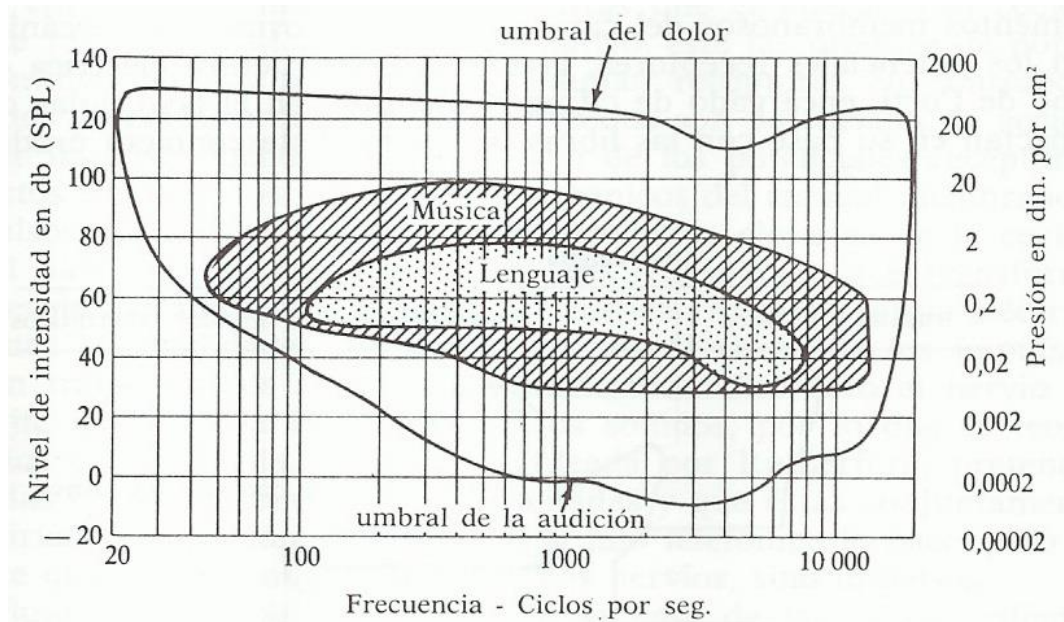


Fig. 2.14. Curva de Wegel en términos de NPA (dBs) y frecuencia (Hz).

2.8 Enmascaramiento sonoro

Se puede definir como enmascaramiento al proceso en el cual el umbral de audibilidad correspondiente a un sonido se incrementa respecto la presencia de otro, comúnmente se percibe este sonido cuando se encuentra por ejemplo en un concierto, difícilmente puede sostenerse una conversación, debido a que el ruido proveniente del escenario impide totalmente la escucha de la conversación. (ver figura 2.15) [31]

Este dependerá de los niveles de presión acústica de la señal enmascarante y enmascarada, tanto la separación de frecuencia y el tiempo entre ellas.

- ✚ Enmascaramiento simultaneo: Se presenta cuando el sonido enmascarado y el enmascarante coinciden temporalmente.
- ✚ Enmascaramiento no simultaneo: Cuando el sonido enmascarado o de prueba no sobrepasa el sonido enmascarante temporalmente, entonces

se derivan dos tipos de enmascaramiento no simultaneo: pre-enmascaramiento y post-enmascaramiento.

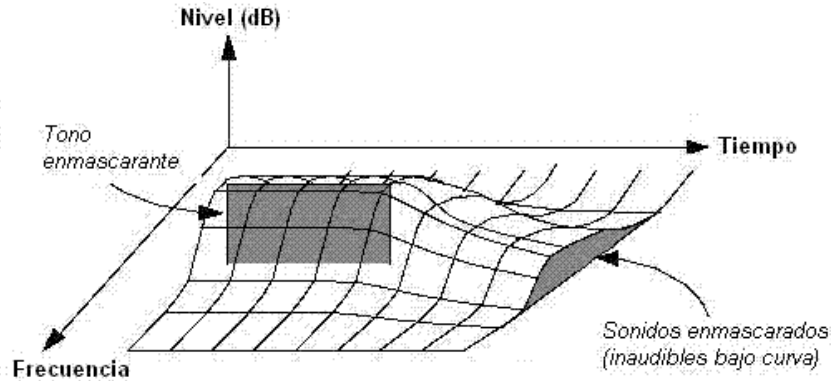


Fig. 2.15. Representación gráfica del enmascaramiento sonoro en función del tiempo y la frecuencia.

Se define como umbral de enmascaramiento (UE) como el nivel de presión sonora de un sonido de prueba necesario para que este por lo menos sea audible en presencia de una señal enmascarante.

Se define como nivel de sensación a la diferencia en dB del nivel de presión, entre el umbral de enmascaramiento (UE) y el umbral de audibilidad (UA) correspondientes a dicha señal y expresados en dB NPA (nivel de presión acústica), como se muestra en la ecuación 2.1 [32]

$$NS_{dB} = UE_{dB} - UA_{dB} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

2.9 Bandas críticas y tasa de bandas críticas

El ancho de banda crítico, de acuerdo con Fletcher puede interpretarse como una medida de la selectividad frecuencial del oído.

Este concepto explica, porque dado un tono en cierta frecuencia, una banda de ruido estrecha centrada en la frecuencia produce la misma cantidad de enmascaramiento sobre el tono que una banda ancha de ruido, aun cuando la densidad espectral sea igual en ambos ruidos. [33]

Existen errores implícitos en la definición dada por Fletcher, a pesar de ello, el concepto sigue siendo válido gracias a numerosos experimentos psicoacústicos que indican que las respuestas de los sujetos ante distintos fenómenos perceptuales cambian abruptamente cuando los estímulos sobrepasan un cierto ancho de banda. [34]

2.10 Géneros musicales

Definir el ritmo en la música es una tarea difícil, dado que existen diferentes puntos de vista desde que se comenzó a explorar. Algunas teorías se sitúan en el análisis de los aspectos de la música en su totalidad, teniendo en cuenta que el ritmo organiza, y es organizado, por las componentes musicales. Otras teorías centran, la definición de ritmo en música, en el aspecto temporal.

Un distinto punto de vista aborda que un ritmo musical comprende al tiempo tanto como al movimiento, de otro modo, a la organización de los elementos en la música con el tiempo.

Estos diferentes aspectos llevan a relacionar al ritmo con los géneros musicales, estudiados desde la etnomusicología y la musicología a partir diferentes aspectos, como el contexto social y cultural, patrones rítmicos, la melodía, además de la época y la ubicación geográfica.

Robert Gjerdingen y David Perrott, al realizar estudios a algunos oyentes, concluyeron que una persona puede identificar una canción con tan solo un pequeño fragmento (en milisegundos), esta celeridad es debida al significado personal y social, aunque, también, a características relacionadas con el timbre. Entonces, una obra no siempre deberá ser escuchada por completo para establecer su forma musical para después relacionarla con un género.

La familiarización con un género musical nos llevará con sus características directamente, principalmente con el ritmo, así se podrá comprender y analizar.

Identificar un patrón rítmico recurrente, dentro de un ritmo musical, nos llevará al reconocimiento de este. Esto permite una comprensión más natural de la organización rítmica.

La reponderación de un patrón rítmico permite identificar la música con esas características propias del género musical. Familiarizarse ayuda con un modo más fácil de acceso a la música contribuyendo con su identificación, interpretación, transcripción, etc.

Experimentar el tiempo solo es una peculiaridad del ser humano, explicado en la Metáfora Conceptual, dónde ésta plantea que se va construyendo una experiencia sensorial-motriz, partiendo de esto, el cuerpo se mueve en un espacio físico, al transcurrir el tiempo puede ser definido como movimiento. Inclusive imaginar el movimiento forman parte del pensamiento abstracto sobre el tiempo. Lo cual significa que, la música es entendida partiendo de la experiencia corporal en el espacio, o sea, el movimiento, esto cuando se siente el ritmo de la canción favorita de un individuo y la baila.

En este sentido, hay dos metáforas, una es la “metáfora del tiempo en movimiento”, centrada en cómo la música se mueve en relación con el humano. La otra, “metáfora del observador en movimiento”, centrándose en el cuerpo como un conducto físico relacionado con la música.

La melodía, armónicos, y otros elementos, proveen al ritmo un dinamismo refiriendo a una experiencia de movimiento corporal en el espacio. [35]

2.10.1 Rock

La influencia del rock and roll, fue tan importante que derivó en otras manifestaciones musicales, como el “rock”, el cual es un punto de partida para decenas de géneros derivados de este, desde el Indie rock hasta el heavy metal, el rock and roll género que nace en la década de 1950, predecesor de géneros como el rhythm and blues, blues, country, western, wop y hillbilly.

Se caracteriza principalmente por el uso del compás en 4/4, de la escala pentatónica y de la escala del blues, idealmente interpretado por una banda conformada por: Vocal, guitarras, batería, y bajo eléctrico; puede depender mucho de la banda el número de elementos a utilizar, pero en esencia son los principales. El característico sonido de las guitarras distorsionadas en un principio se debía a la aplicación sonora a su máxima potencia, incluso aprovechando los conos rotos de los altavoces, para dar ese característico sonido, hoy en día se utilizan pedales u otros elementos para dar efectos similares, principalmente las canciones conformadas por una estructura muy marcada, estrofa/coro, intercalados por un solo de guitarra o improvisaciones. [36]

2.10.2 Reguetón

Nacido en sectores pobres, con ascendencia africana, siendo el Reggae su esencia, y más específicamente el Dancehall. Con ritmos pegajosos y desafiantes a los prejuicios sociales.

Existe una disputa, entre Panamá y Puerto Rico, por quienes son los creadores del reguetón. Por su parte, a Panamá le ayudó mucho su ubicación geográfica, siendo un puente entre Norte y Sur América con el Centro y el Caribe, produciendo las primeras traducciones directas de canciones de Reggae al español. En Puerto Rico nace formalmente el género del Reguetón, siendo testigo de su nacimiento el club “The Noise”. A partir del gran intercambio cultural que existe entre Puerto Rico y Nueva York, se combina el Reggae en español y el Rap en español resultando en el Reguetón, antes llamado “Underground”. [37]

En la actualidad, gran parte de las canciones se mezclan con los elementos que conforman el Reguetón, estos son: el bombo o kick, el platillo o hit-hat, la caja o snare, y los bajos, considerados el alma y la fuerza que caracteriza el género.

Debido a su popularización, las críticas sobre el alto contenido sexual en sus letras (y el entorno que rodea el género), se intensificaron, sin antes considerar su contexto histórico y social, y la complejidad que conlleva la composición de sus pistas, hoy en

día gracias a la alta capitalización de sus canciones, el género es víctima de la apropiación cultural dejando de lado a quienes iniciaron el movimiento. [38] [39]

2.10.3 Pop

El género pop ha sido de los géneros musicales más mediáticos en las últimas décadas, su nombre está directamente relacionado al concepto de la cultura y por su puesto de música popular, originalmente creado con la intención de complacer a la mayor cantidad de público posible. [40]

El fenómeno pop desde su creación no ha parado de popularizarse, los mayores exponentes mundialmente conocidos fueron Michael Jackson o Madona (figura 2.16), considerados el rey y la Reyna del pop respectivamente, hoy en día existen miles de artistas pop, que fácilmente pueden tener el mismo o mayor alcance de estas estrellas en su momento, reforzando el argumento de lo fácil de producir y comercializar el género.

Se caracteriza por ser música fácil de fabricar, con composiciones simples, repetitivas, y una sólida estructura marcada por verso-coro, estos siendo altamente repetitivos y fácil de recordar, la media de duración de las canciones es de tres a cuatro minutos, en un alto porcentaje las letras son relacionadas al amor, el conjunto de estas características y factores, hacen del género altamente comercial y popular.



Fig. 2.16. Michael Jackson y Madona en los premios Oscar, en 1991.

Desde su nacimiento se vio beneficiado gracias a la difusión en los medios de comunicación, ya que estos estaban en una etapa de crecimiento y expansión, al mismo tiempo el fenómeno “fan” tiene su aparición. La mezcla de los medios y los fans, llevaron al éxito tanto al pop como el rock, desde los hogares podían tener un mayor acercamiento con sus ídolos, fenómeno similar al de hoy en día, el acercamiento con las estrellas pop, por medio de las redes sociales, llevan al fanático a tener un seguimiento en tiempo real de sus artistas favoritos y sentir un sentimiento de apego y de esta manera darles mayor difusión y apoyo en sus futuras producciones. [41]

2.10.4 Regional mexicano

La música regional mexicana ha sido objeto de cultura para la sociedad mexicana, creciendo y evolucionando con el paso del tiempo.

En la música popular mexicana, o regional mexicana, cada subgénero se constituye de diferentes elementos que diferencian y enmarcan cada estilo, hablando de ejecución musical, los sentimientos heredados del mariachi o el retumbar en las tarolas de la banda sinaloense, por mencionar algunos.

Desde un punto de vista antropológico, la música regional mexicana, se integra por la música en las diferentes regiones del país, como pueden ser el son y el huapango veracruzano, las piruetas michoacanas, mariachi jalisciense, entre otros; de tal manera que abarca una amplia e inagotable cantidad de estilos musicales.

El regional mexicano no solo se acompaña de su ritmo, melodías, timbres y armonías, sino también de elementos performativos como sus vestuarios tradicionales, coreografías e imágenes representativas de su estética.

Este género es uno de los más escuchados en el país, esto aunado a las implicaciones socioculturales, lo hace preferencia para muchos en México. Según Forbes, en Spotify México, algunos de las bandas y artistas más sonados son La Arrolladora Banda el Limón, La Banda Sinaloense MS y Cristian Nodal, hasta 2017.

La música nortea es el subgénero sobre el cuál ha escrito más la academia, con exponentes como Los Tigres del Norte, habiendo, de la misma manera, movimientos socioculturales alrededor de la música tejana, conformándose así un puente historiográfico entre la música nortea, tejana y grupera.

La música seguirá su curso, consumiéndose y reproduciéndose a partir de condiciones sociopolíticas y socioculturales, y el regional mexicano no será la excepción, sigue vigente y actualizándose constantemente. [42]

2.11 ARTA

ARTA por sus siglas en inglés Audio Real Time Analysis, en español, análisis de audio en tiempo real, es una compilación de programas para la medición y análisis de audio en la acústica y las comunicaciones. ARTA, utiliza las tarjetas de audio de las computadoras o profesionales, para la obtención y generación de señales de audio.

El programa cuenta con las funciones de medición que se presentan a continuación:

- ✚ Generación de señales, ya sean aleatorias o determinadas señales.
- ✚ Respuesta a impulsos. (figura 2.17)
- ✚ Respuesta a la frecuencia.
- ✚ Analizador de Fourier.
- ✚ Analizador de espectro.
- ✚ Analizador de distorsión armónica.

Con un micrófono de medición calibrado, ARTA puede ser utilizado virtualmente como un medidor de niveles de presión acústica de clase 1, teniendo la posibilidad de obtener en tiempo real:

- ✚ Niveles de presión acústica (NPA) con 24 horas de almacenamiento.
- ✚ Medidor de NPA por bandas de octava, con clasificación NR, NC, PNC, RC, NCB. [43]

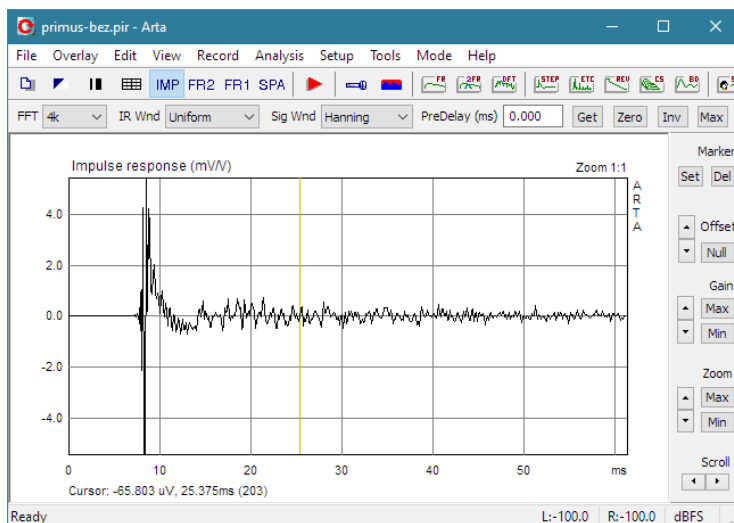


Fig. 2.17. ventana de ARTA, realizando análisis de respuesta al impulso.

2.12 Reaper

Reaper siendo el acrónimo en inglés de ambiente rápido para la producción de audio, ingeniería y grabación. (figura 2.19)

Es un programa para computadora, destinado a la producción de audio digital, ofrece un conjunto de herramientas de grabación, edición, procesamiento, mezcla y masterización de audio multipista y MIDI (siglas en inglés de Musical Instrument Digital Interface, en español interfaz digital de instrumentos musicales).

Características del programa:

- ✚ Es eficiente, fácil de instalar y ejecutar desde un dispositivo portátil o de red.
- ✚ Potente enrutamiento de audio y MIDI con soporte multicanal.
- ✚ Procesamiento de audio interno a 64 bits.
- ✚ Importa, graba y renderiza en distintos formatos, en casi cualquier profundidad de bits y frecuencia de muestreo.
- ✚ Compatibilidad con complementos de efectos e instrumentos virtuales, de desarrolladores terceros.
- ✚ Cientos de efectos con calidad de estudio para procesamiento de audio y herramientas para crear nuevos efectos.

CAPÍTULO 3.

DESARROLLO

3.1 Metodología.

La evaluación de características cualitativas y cuantitativas forman parte fundamental del proyecto, por lo tanto, se aplica una metodología mixta de acuerdo con la definición de Sampieri. Para los aspectos cualitativos, se planteó el objetivo conforme a la exploración de las experiencias de los participantes, esto con la realización de cuestionarios para determinar su respuesta psicoacústica previa y posterior al electrocardiograma. En cuanto a la evaluación cuantitativa, se tienen los ECG, donde se extraen datos como la frecuencia dada en Hz y la amplitud dada en volts, por otra parte, se hizo una cuantificación de los resultados cualitativos, graficando las respuestas de los cuestionarios, y sacando porcentajes de las interpretaciones de los ECG.

Para concretar el tamaño de la muestra, fue necesario delimitar previamente el universo a estudiar.

La delimitación plantea realizar el estudio en los alumnos de la ESIME Zacatenco, de la especialidad de acústica, al grupo 9CV16 del ciclo escolar 2022-2, esto da un total de 35 alumnos.

Por medio del uso de la ecuación de tamaño de muestra para población finita (ecuación 3.1)

$$\text{Tamaño de la muestra}(n) = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2(N-1) + Z^2 * p * q} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

El valor de “z” fue obtenido por medio de la tabla 3.1:

Tabla 3.1 Tabla de niveles de confianza por porcentajes.

Nivel de confianza deseado	Puntuación z
80 %	1.28
85 %	1.44
90 %	1.65
95 %	1.96
99 %	2.58

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.1 se tiene que:

$$n = \frac{1.28^2 * 0.5 * 0.5 * 35}{0.05^2(35 - 1) + 1.28^2 * 0.5 * 0.5}$$

Tamaño de la muestra(n) = 28.98 ≈ 29

De esta manera se obtiene que por lo menos 29 alumnos del grupo 9CV16 deberán ser encuestados, para obtener un resultado de los estudios con un margen de error del 5% y un nivel de confianza del 80%.

3.1.2 Delimitación de los géneros musicales.

Para la elección de los géneros se recurrió, previamente, a una encuesta realizada a 21,683 personas de entre 18 y 64 años, que se realizó entre enero y marzo de 2021 (figura 3.1), la encuesta fue realizada a personas de distintos países, entre ellos: México, India, Sudáfrica, Brasil, España, Estados Unidos, Australia, Reino Unido, Alemania, Corea del Sur.

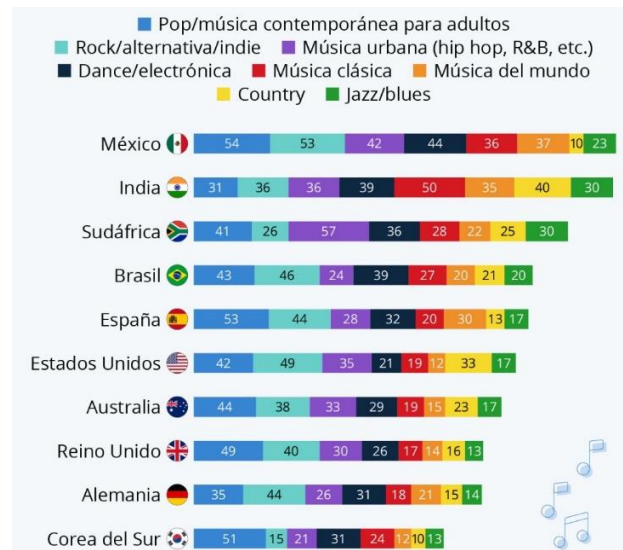


Fig 3.1. porcentaje de encuestados que escuchan una selección de géneros musicales a través de servicios de música digital. [44]

En este caso se realizó una encuesta estadística dentro de los alumnos de la especialidad de acústica de noveno semestre, turno matutino y vespertino.

Con esta encuesta se llegó a la conclusión de usar los dos géneros con mayor aprobación (figura 3.2) y los dos géneros de menor aprobación (figura 3.3).

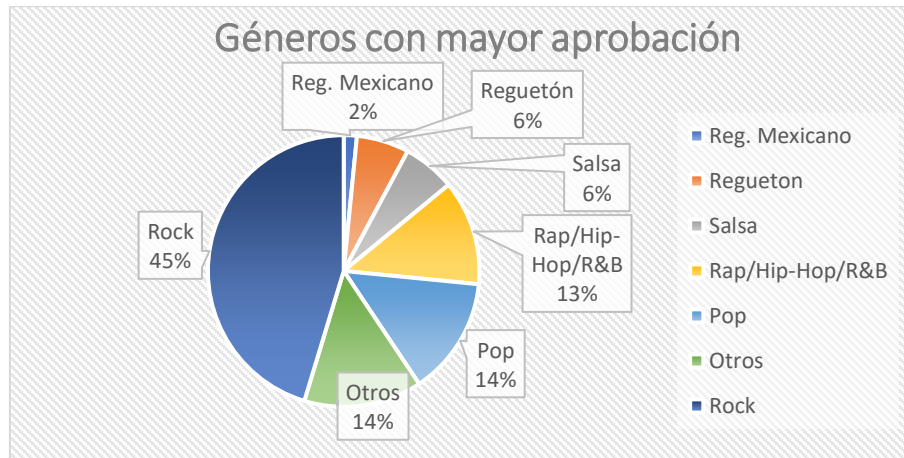


Fig. 3.2. Géneros con mayor aprobación por los alumnos de la especialidad de acústica, expresado en porcentajes.

Se observa que con un 45 % el Rock es el género con mayor aprobación, junto con el pop con un 14%

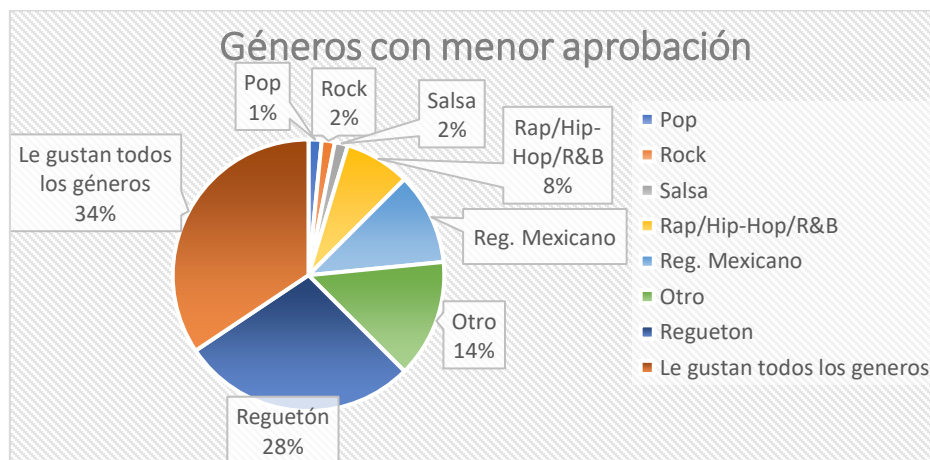


Fig. 3.3. Géneros con menor aprobación por los alumnos de la especialidad de acústica, expresado en porcentajes.

En esta gráfica se observa que el género con mayor desaprobación es el reguetón, con un 28% seguido del género del Regional Mexicano, con un 11%.

3.2. Diagramas de trabajo.

Una vez obtenidos los datos de los géneros musicales, se hace una selección arbitraria de canciones representativas de los géneros correspondientes.

Para aprovechar el tiempo y los recursos brindados por la escuela, se toma la decisión de crear una mezcla con una duración de 02:30 minutos, utilizando el coro y pre-coro de cada canción por cada género, respectivamente, y así, optimizar tiempos en la realización del estudio.

A continuación, se observa un diagrama (figura 3.4) de la forma en cómo se llevó a cabo el proyecto, posteriormente detallando las etapas de cada proceso (figura 3.5).

Diagrama de desarrollo de proyecto

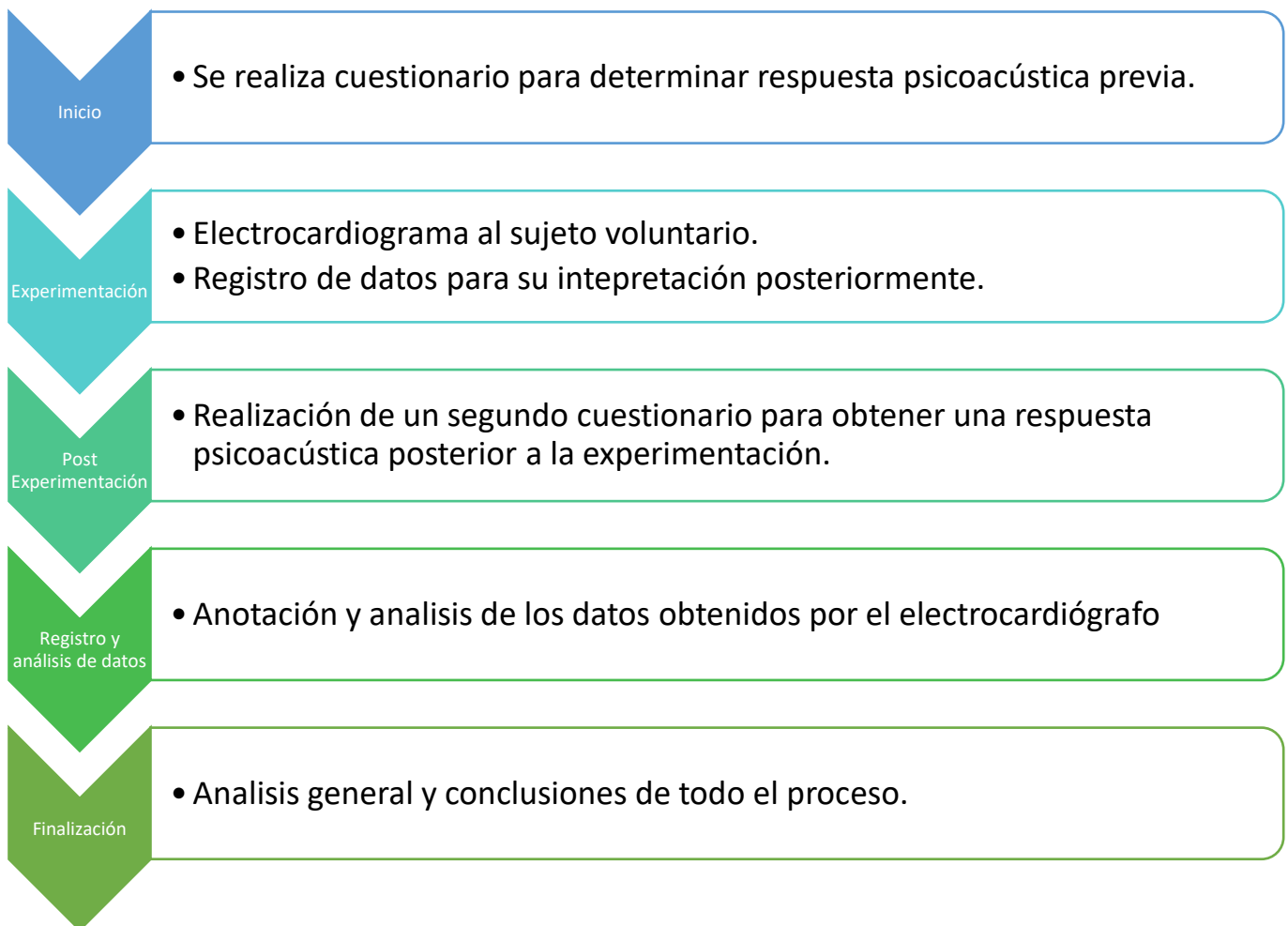


Fig. 3.4. Diagrama resumido de las etapas del proyecto.

Diagrama de flujo del proceso de la propuesta de método para la obtención de respuesta cardiaca a distintos géneros musicales



Fig. 3.5. Diagrama detallado de las etapas del proyecto.

3.3 Proceso de selección y mezcla de pistas

Selección de pistas con base a canciones populares de los artistas más representativos de cada género, se trabajó con Rock, Pop, Reguetón y Regional mexicano.

Las canciones usadas respectivamente de cada género son:

- 🎵 Rock: De Música Ligera - Soda estéreo.
- 🎵 Pop: Dueles – Jesse y Joy.
- 🎵 Reguetón: Safaera – Bad Bunny.
- 🎵 Regional Mexicano: No Te Contaron Mal – Christian Nodal.

Las pistas se procesaron en el programa de edición de audio Reaper.

Como primer paso, se introdujeron las pistas en Reaper. (figura 3.6)

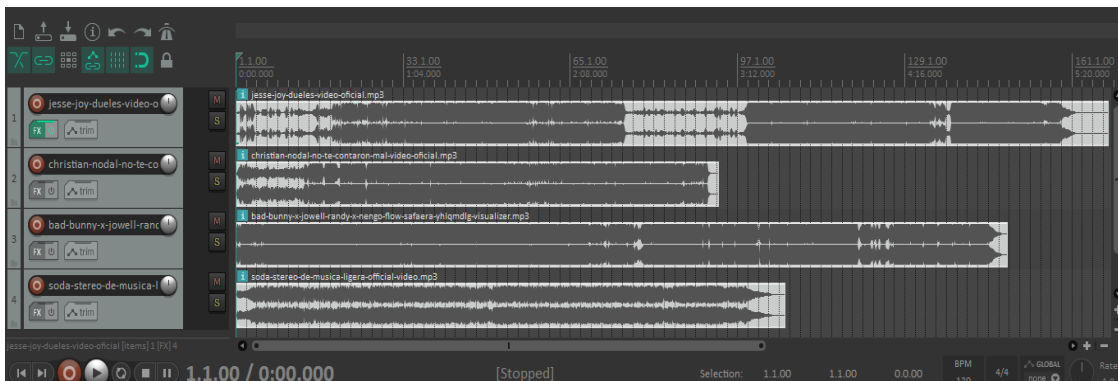


Fig. 3.6. Introduccion de pistas a Reaper.

Una vez dentro las pistas, se efectuó una escucha de cada canción para determinar los fragmentos que se recortan.

Corte de las pistas (figura 3.7), para de esta manera obtener únicamente los coros y pre-coros, ya que son las partes de la canción en las cuales se encuentra el punto de mayor tensión.

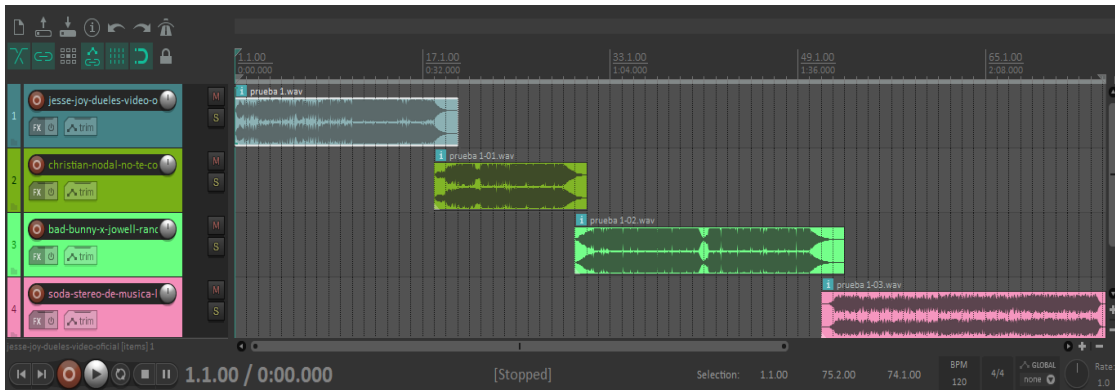


Fig. 3.7. Recorte de las pistas en los pre coros y coros de la canción.

Una vez recortadas las pistas, se introdujeron efectos básicos de transición o entrelazado (figura 3.8), esto únicamente con fines estéticos, para tener una transición de pistas progresiva.

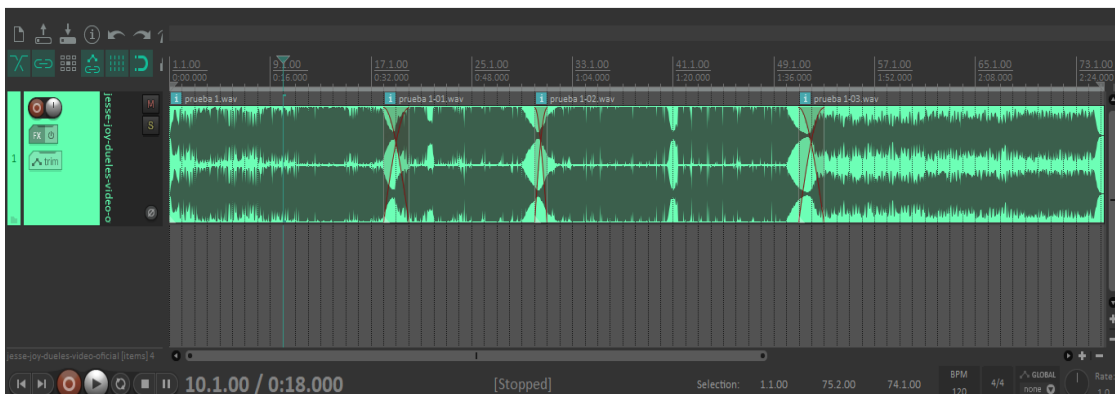


Fig. 3.8. Unión y entrelazado (crossfade en inglés), pista final con las canciones integradas.

Finalmente se obtiene la pista de audio con las cuatro canciones integradas.

3.4 Cuestionarios

Para los cuestionarios, se buscó obtener una respuesta psicoacústica, seleccionando estratégicamente las preguntas, para aprovechar la información de la mejor manera posible.

Para favorecer el estudio, se mantiene en anonimato la identidad de los encuestados, con la intención de brindar confianza y seguridad con los datos y privacidad del encuestado. En su lugar se asigna un número a cada uno de los participantes, de esta manera se mantiene el control entre las encuestas y el electrocardiograma.

Se aplicó un cuestionario antes y después del electrocardiograma para conseguir una respuesta psicoacústica y usar esta información para complementar los resultados.

Cuestionario 1

Sujeto #: _____

Indicaciones: Lee con atención y contesta las siguientes preguntas.

1. ¿Cuál es tu estado de ánimo en estos momentos?
 - a. Alegre
 - b. Triste
 - c. Enojado
 - d. Miedoso
 - e. Otro
2. ¿Cómo ha sido tu estado de ánimo en los últimos días?
 - a. Alegre
 - b. Triste
 - c. Enojado
 - d. Miedoso
 - e. Otro
3. ¿Padeces de un trastorno de estado de ánimo? (Depresivo, Bipolar)
 - a. Si (¿Cuál?) _____
 - b. No
 - c. Prefiero no contestar
4. ¿Usas la música para mejorar tu estado de ánimo?
 - a. Si
 - b. No
 - c. Quizá sin saberlo

5. Cuando estas triste tiendes a escuchar música...
 - a. Si (¿Qué tipo de música?) _____
 - b. No
6. Cuando estas feliz tiendes a escuchar música...
 - a. Si (¿Qué tipo de música?) _____
 - b. No
7. ¿Consideras que la música puede ayudar a recordar momentos?
 - a. Tristes
 - b. Alegres
 - c. Desagradables
 - d. Otros (¿Cuáles?) _____
 - e. Ninguno
8. Consideras que la música en nivel de volumen bajo tiene un impacto:
 - a. Positivo
 - b. Negativo
9. Consideras que la música en nivel de volumen alto tiene un impacto:
 - a. Positivo
 - b. Negativo
 - c.

Cuestionario 2

Sujeto #: _____

Indicaciones: Lee con atención y contesta las siguientes preguntas.

1. ¿Cómo te sentiste durante la realización del experimento?
 - a. Alegre
 - b. Triste
 - c. Enojado
 - d. Miedo
 - e. Otro
2. ¿Cómo te sentiste con la selección de los géneros y canciones?
 - a. Cómodo.
 - b. Incomodo
 - c. Enojado
 - d. Me dio igual
3. ¿Algún género te causo incomodidad o molestia?
 - a. Si, ¿Cuál? _____
 - b. No
4. ¿Sentiste ganas de bailar con algún género?
 - a. Si, ¿Cuál? _____
 - b. No

5. ¿Alguna canción te hizo mover alguna parte del cuerpo?
 - a. Si, ¿Cuál? _____
 - b. No
6. ¿Alguna canción te hizo sentir ganas de quitar la canción?
 - a. Si, ¿Cuál? _____
 - b. No
7. ¿Sentiste algún malestar durante la realización de la prueba?
 - a. Si, ¿Cuál? _____
 - b. No

3.5 Condiciones acústicas del área de pruebas

Se efectuaron mediciones para conocer los niveles de ruido dentro del área de trabajo. Al ser un proyecto apegado a la psico acústica se necesitan condiciones de carácter médico.

El área de trabajo fue dentro de un laboratorio de la especialidad de acústica (figura 3.9). Los motivos por lo que se trabajó en ese espacio fueron las facilidades y disponibilidad de uso, y, al ser un laboratorio aislado de los pasillos y salones de clase, no presenta niveles de ruido de fondo que llegaran a afectar las mediciones. Al igual se designó un horario de trabajo, de acuerdo con las actividades programadas en los laboratorios.



Fig. 3.9. Laboratorio donde se realizaron las pruebas a los sujetos a estudiar.

Se ejecutó una calibración eléctrica con la ayuda del programa de medición ARTA (ver figura 3.12 y figura 3.13) de los instrumentos de medición, como lo fue la tarjeta de

audio externa (M-Audio M track duo, figura 3.10) y el micrófono de medición (Dayton EMM6 figura 3.11).



Fig. 3.10. Tarjeta de audio externa utilizada.



Fig. 3.11. Micrófono de medición utilizado.

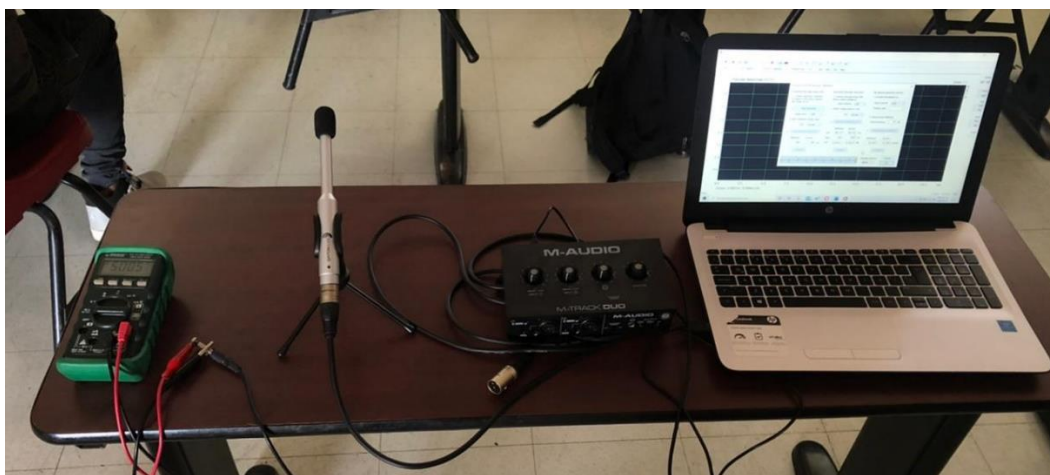


Fig. 3.12. Proceso de calibración eléctrica.



Fig. 3.13. Proceso de calibración eléctrica.

Se colocó el micrófono al centro del laboratorio, para realizar la medición de los niveles de ruido de fondo, como se observa en la figura 3.14

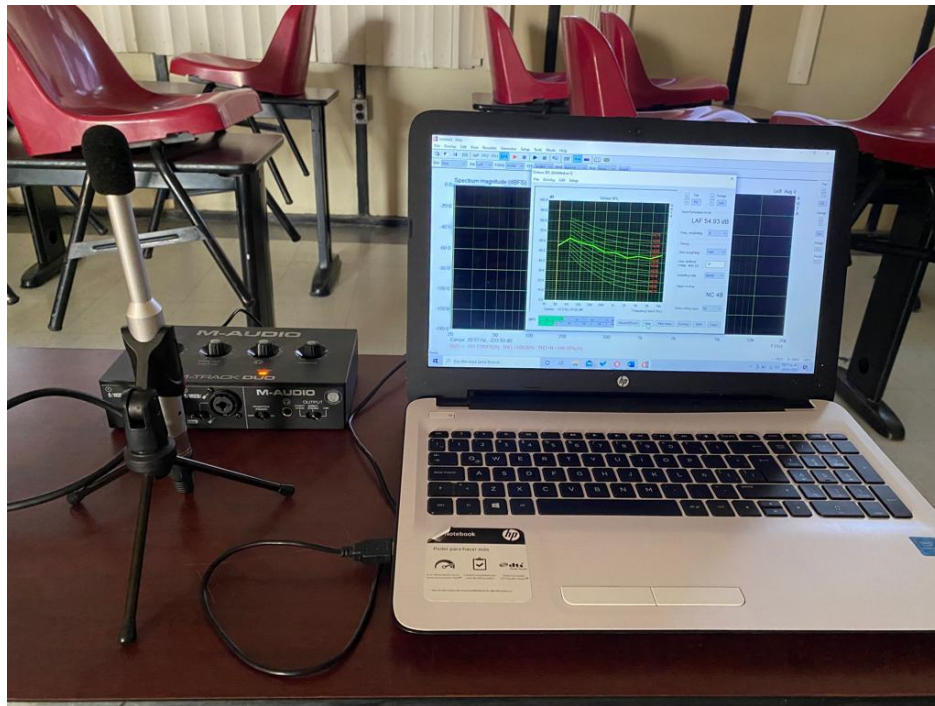


Fig. 3.14. Criterio de ruido obtenido al centro del laboratorio.

Como resultado, se obtuvo una curva de criterio de ruido NC 48 (véase figura 3.15). Es un criterio de ruido que, de acuerdo con Leo L. Beranek [45] y sus tablas de criterios de ruido NC sobrepasa los parámetros recomendados para un consultorio médico o un hospital, recomienda para salas de hospitales y quirófanos NC 25 -35. [46]

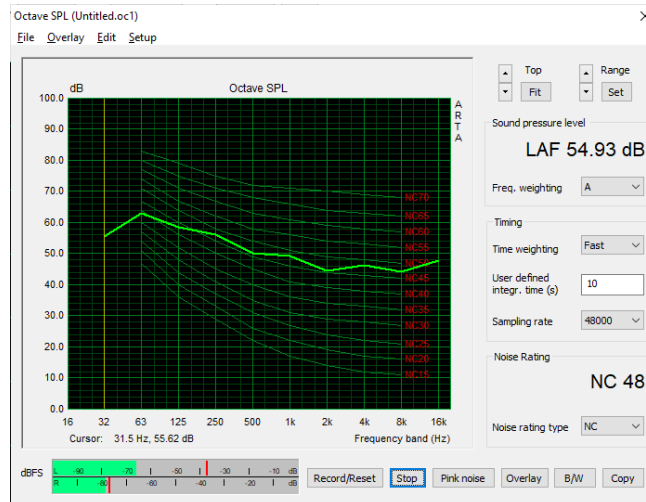


Fig. 3.15. Curva de criterio de ruido en el laboratorio.

Estos valores se deben a distintos factores relacionados con el material que está construido el laboratorio, como se observa en la figura 3.9, el laboratorio cuenta con múltiples superficies reflejantes, y el mobiliario que dispone no proporciona ningún tipo de absorción acústica, la más mínima variación de presión acústica es significativa, por sus propiedades reflejantes.

Otro factor por el que se obtuvo la curva de ruido NC 48, está relacionado a la precisión y exactitud del equipo de medición y calibración, al no ser un equipo profesional, se sugiere realizar las mediciones con un equipo profesional, calibrado y la instrumentación necesaria.

Al no tratarse de un proyecto de acondicionamiento acústico, no se realizaron modificaciones al laboratorio para la realización de las pruebas y se limitó a trabajar con los recursos y espacios disponibles.

Se realizaron mediciones de los niveles de presión acústica del ruido de fondo, en intervalos de 5 segundos durante 02:30 minutos, que es el tiempo que dura la pista de audio con la que se trabajó.

Del mismo modo, se realizaron mediciones del nivel de presión acústica, que emiten los audífonos, aproximadamente a 1 cm de distancia de la fuente sonora de los audífonos (lado derecho e izquierdo).

Tabla 3.2 tabla comparativa de los NPA entre el ruido de fondo y los audífonos.

Tiempo (s)	NPA en Audífonos (dBs)	NPA de Ruido de fondo (dBs)
5	72.1	53.12
10	85.41	52.66
15	77.58	52.39
20	78.44	55.2
25	83.14	53.11
30	84.13	52.75
35	80.7	52.89
40	74.12	55.86
45	84.32	55.27
50	82.41	54.28
55	93.54	53.32
60	83.9	53.33
65	83.67	52.9
70	74.85	53.96
75	78.17	52.46
80	76.85	52.2
85	79.59	55.03
90	78.33	55.81
95	82.25	53.57
100	77.12	53.38
105	86.18	52.71
110	89.64	52.32
115	78.01	52.78
120	74.21	54.33
125	77.8	55.03
130	77.43	53.52
135	65.26	55.9
140	79.31	56.26
145	79.57	54.72
150	81.39	55.06

Graficando los datos obtenidos (figura 3.16), se comparan los niveles de presión acústica de ruido de fondo respecto a los niveles de presión acústica que emiten los audífonos.

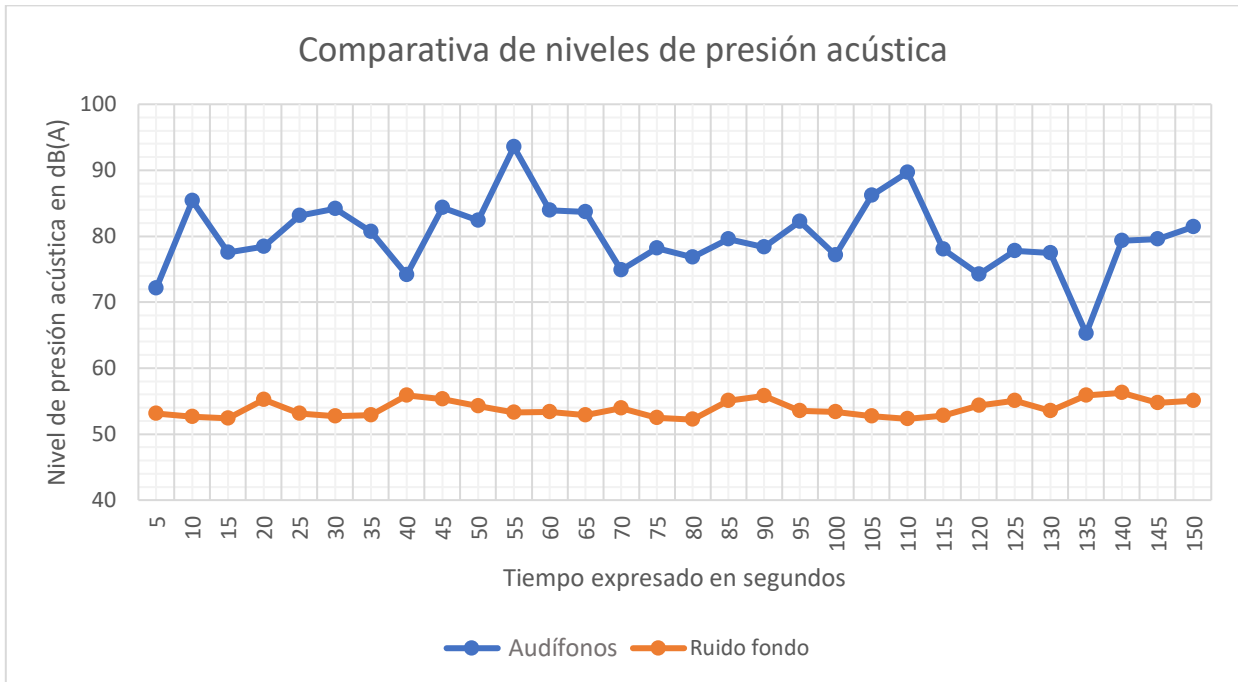


Fig. 3.16. Gráfica comparativa de los niveles de presión acústica de ruido de fondo y los audífonos.

De esta manera se comprueba, que no fue necesario un acondicionamiento acústico del laboratorio para poder realizar la prueba.

Como se observa en la figura 3.16, los NPA (niveles de presión acústica) que entregan los audífonos, superan los niveles del ruido de fondo donde se realizaron las mediciones, es decir, se presenta un enmascaramiento de los niveles de ruido y no afecta o contamina el experimento, también se observa que no existe un enmascaramiento simultaneo (cuando el sonido muestra y sonido enmascarador coinciden temporalmente), incluso el registro más bajo obtenido por los audífonos es de 65.26 dB(A), 12 dBs por encima del nivel promedio del ruido de fondo, se pueden atribuir esos -12 dBs de diferencia, al material acústico de la construcción de los audífonos.

3.6 Instrumentación para electrocardiograma

3.6.1 Electrocardiógrafo

Para llevar a cabo los estudios, se utilizó un electrocardiógrafo digital de tres canales, específicamente el modelo Zoncare ZQ-1203G (figura 3.17).



Fig. 3.17. Electrocardiógrafo de tres canales utilizado en el proyecto.

3.6.2 Electroodos

Se dispone de 10 electrodos (figura 3.18), de los cuales 4 (RA, LA, RL, LL) son destinados a las cuatro extremidades del cuerpo (brazos y piernas respectivamente) y 6 (C1, C2, C3, C4, C5, y C6) corresponden al área torácica.



Fig. 3.18. Electroodos utilizados.

3.6.3 Audífonos.

Para la reproducción de la pista de audio se utilizaron unos audífonos de diadema, los Astro A10 (figura 3.19). Los audífonos cuentan con una respuesta en frecuencia de 20 – 20.000 Hz (de acuerdo con las especificaciones del fabricante), si bien no cuenta con una cancelación de ruido, la anatomía y el material de la diadema, permiten reducir la percepción del ruido de fondo y concentrar la atención en la pista de audio que se está reproduciendo.



Fig. 3.19. Audífonos Astro A10.

3.6.4 Reproductor.

Para reproducir la pista de audio, se utilizó un teléfono celular (iPhone 11 figura 3.20) con el archivo .WAV conectado a los audífonos de manera alámbrica.



Fig. 3.20. Teléfono celular utilizado como reproductor.

3.7 Realización de pruebas

Una vez realizado el cuestionario 1, se recostó a los sujetos en una superficie plana, para conectar cada uno de los electrodos tal y como se muestra en la figura 3.21, con la finalidad de conseguir reposo en la realización.



Fig. 3.21. Conexión de los electrodos

Se realizó un electrocardiograma de 40 segundos sin música (figura 3.22), con la finalidad de realizar una comparativa del estado en reposo, es decir, sin estímulos, a cuando se esté recibiendo el estímulo musical.



Fig. 3.22. Sujeto Recibiendo estímulo musical durante el electrocardiograma.

La prueba se realizó tanto en hombres como en mujeres, como se muestra en la figura 3.23.



Fig 3.23. Voluntaria durante la realizacion de electrocardiograma.

Una vez finalizado el electrocardiograma, sin musica y con musica, los voluntarios, contestaron el cuestionario 2, este para determinar la respuesta psicoacustica de la prueba a la que fueron sometidos.

CAPÍTULO 4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Interpretación de cuestionario 1

Previo a la realización del electrocardiograma, se realizó un cuestionario para determinar las condiciones iniciales del sujeto, cuyas respuestas se muestran en las tablas (4.1 a 4.9) presentadas en los siguientes puntos:

1. ¿Cuál es tu estado de ánimo en estos momentos?

Tabla 4.1.

Opción	Nº respuestas
a. Alegre	20
b. Triste	2
c. Enojado	1
d. Miedoso	3
e. Otro	
Tranquila	1
Estrés	1
Cansado	2

Se observó que, de las 30 personas estudiadas, 20 tenían un estado de ánimo alegre, 3 tenían miedo de la prueba que estaba por realizarse, seguidos de 2 personas tristes y 2 personas cansadas.

2. ¿Cómo ha sido tu estado de ánimo en los últimos días?

Tabla 4.2.

Opción	Nº respuestas
a. Alegre	16
b. Triste	2
c. Enojado	4
d. Miedoso	1
e. otro	
Estresado	7

Los antecedentes de los sujetos, en su mayoría, mostraban un estado de ánimo alegre en los últimos días, seguido de 7 personas con estrés y 4 enojadas, siendo estos los tres estados de ánimo más predominantes.

3. ¿Padeces de un trastorno de estado de ánimo? (Depresivo, Bipolar)

Tabla 4.3.

Opción	N° respuestas
a. Si	4
b. No	25
c. Prefiero no contestar	1
¿Cuál?	
Neurosis	1
Ansiedad	2
Depresión	1

De las 30 personas encuestadas 25 no padecen ningún trastorno emocional, una persona opto por mantener su respuesta anónima, 4 personas padecen trastornos emocionales, entre los cuales se encuentran: ansiedad siendo la única que se repitió, depresión y neurosis.

4. ¿Usas la música para mejorar tu estado de ánimo?

Tabla 4.4.

Opción	N° respuestas
a. Si	25
b. No	1
c. Quizá sin saber	3

Se observa que, 25 de los encuestados utilizan la música para ayudar a mejorar su estado de ánimo, 3 personas quizá lo hacen sin ser conscientes hasta ese momento y solo 1 persona no lo hace.

5. ¿Cuándo estas triste tiendes a escuchar música?

Tabla 4.5.

Opción	N° respuestas
a. Si	24
b. No	5
¿Qué tipo de música?	
Cumbias	1
Clásica	1
Reguetón	1
Relajante	2
Rap	2
Jazz	2
Electrónica	2
Pop	2
Triste	3
Baladas	4
Todo	5
Rock	7

Se observa que los encuestados, cuando tienen un estado de ánimo triste, recurren a la música, 24 personas contestaron afirmativamente y compartieron los géneros que se disponen a escuchar cuando están tristes; predominando el rock, y música relajante.

6. ¿Cuándo estas feliz tiendes a escuchar música?

Tabla 4.6.

Opción	N° respuestas
a. Si	30
b. No	0
¿Qué tipo de música?	
Tropical	1
Cumbia	1
Salsa	1
Flamenco	1
Rap	2
Banda	2
Alegre	2
Electrónica	2
Pop	4
Reguetón	4
Rock	6
Todo	7

En contraste, el 100% los encuestados escuchan música cuando están felices, en su mayoría los encuestado escuchan de todo tipo de muisca, predominando el rock, seguido de reguetón y el pop.

7. ¿Consideras que la música puede ayudar a recordar momentos?

Tabla 4.7.

Opción	N° respuestas
Tristes	16
Alegres	19
Desagradables	2
Otros	6
Ninguno	1
Melancólicos	1
Cualquiera	2
Todos los anteriores	3

Los sujetos en este apartado tuvieron la opción de seleccionar más de una respuesta, 29 de ellos piensan que la música es capaz de ayudar a recordar o asociar momentos, en su mayoría, momentos alegres y tristes, únicamente una persona piensa que no es posible.

8. Consideras que la música en nivel de volumen bajo tiene un impacto:

Tabla 4.8.

Opción	N° respuestas
Positivo	28
Negativo	2

La mayoría de los encuestados consideran que la música en niveles de volúmenes bajos tiene un impacto positivo, tanto emocional y en términos de salud.

9. Consideras que la música en nivel de volumen alto tiene un impacto:

Tabla 4.9.

Opción	N° respuestas
Positivo	15
Negativo	15

En este punto las opiniones se encuentran divididas en un 50%, donde consideran que la música en niveles de volumen altos tiene un impacto positivo y negativo respectivamente, resulta útil obtener este dato para futuras pruebas a realizar.

4.2 Interpretación de electrocardiogramas

Tabla 4.10. Interpretación de los ECG por género.

Sujeto	ECG sin música	Pop	Regional mexicano	Reguetón	Rock
Sujeto 1	Presentó un ritmo cardiaco constante, sin anomalías ni variaciones en la frecuencia o el voltaje.	Durante el pop presentó anomalías en las derivadas AVL, I, AVR, II y AVF.	Durante este género presentó alteraciones en las derivadas V1, V3 Y V5.	Se mantuvo estable y constante durante este género.	Durante este género volvió a presentar, alteraciones en las derivadas V1, V3 Y V5.
Sujeto 2	Presentó un ritmo cardiaco constante, sin anomalías ni variaciones en la frecuencia o el voltaje.	Presentó alteraciones de voltaje.	Presentó una ligera variación en la frecuencia del ECG.	Se mantuvo estable y constante durante este género.	Se mantuvo estable y constante durante este género.
Sujeto 3	Durante el ECG presentó alteraciones de voltaje en AVL, AVR II, AVF, III, V1, V3, V5. Esto puede deberse a alguna alteración en los electrodos.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.

Tabla 4.10. (continuación) Interpretación de los ECG por género.

Sujeto	ECG sin música	Pop	Regional mexicano	Reguetón	Rock
Sujeto 4	Se Mantuvo constante en todo momento sin presentar alteraciones.	Mantuvo un ritmo constante sin presentar ninguna variación.	Mantuvo un ritmo constante sin presentar ninguna variación.	Durante el reguetón se Mantuvo constante.	Durante el rock presentó una variación de voltaje y frecuencia, la cual fue disminuyendo y estabilizándose hasta el final de la prueba.
Sujeto 5	Se Mantuvo constante en todo momento sin presentar alteraciones.	Mantuvo un ritmo constante sin presentar alteraciones o variaciones.	Mantuvo un ritmo constante sin presentar alteraciones o variaciones.	Mantuvo un ritmo constante sin presentar alteraciones o variaciones.	Mantuvo un ritmo constante sin presentar alteraciones o variaciones.
Sujeto 6	Presentó alteraciones de voltaje durante el electrocardiograma sin música.	Durante la parte final del coro presentó una alteración de voltaje positiva.	Presentó algunas alteraciones de voltaje	Presentó una pronunciada alteración de voltaje, destacando esto en las derivadas, AVL, I y AVR.	Vuelve a presentó una ligera variación de voltaje
Sujeto 7	Presentó variaciones de voltaje anormales que se atribuyen a un mal contacto de los electrodos debido a su abundante vello corporal en la zona torácica.	No presentó variaciones de voltaje significativas.	No presentó variaciones de voltaje significativas.	Presentó una aceleración en la frecuencia al final del coro.	Continúa con el incremento de la frecuencia hasta el final de la canción
Sujeto 8	Presentó un pulso cardiaco constante.	Presentó variaciones de voltaje durante el pre-coro y coro de la canción.	Presentó variaciones de voltaje durante el coro y final del coro de la canción.	Mantuvo un pulso constante durante la canción.	Presentó variaciones de voltaje únicamente durante el inicio de la canción.
Sujeto 9	Presentó frecuentemente alteraciones en todas las derivadas al ser una persona con abundante vello corporal en el área torácica.	Presentó alteraciones de voltaje, posiblemente ocasionadas por el vello facial.	Presentó alteraciones de voltaje y frecuencia.	No presentó ninguna alteración.	En el momento que inicia el rock, presentó alteraciones de la frecuencia en el ECG.
Sujeto 10	El ECG se mantuvo constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.
Sujeto 11	Presentó alteraciones de voltaje y frecuencia que se le atribuyen a la alteración en el acomodo de los electrodos.	Presentó una alteración de voltaje (negativa).	Presentó alteraciones de voltaje positivas en V1, V3 y V5.	Presentó alteraciones de voltaje en el ECG.	Al final de la canción, presentó alteraciones de voltaje.

Tabla 4.10. (continuación) Interpretación de los ECG por género.

Sujeto	ECG sin música	Pop	Regional mexicano	Reguetón	Rock
Sujeto 12	Mantuvo un ritmo constante previo a la prueba.	Mantuvo un ritmo constante sin presentar alteraciones o variaciones.	Mantuvo un ritmo constante sin presentar alteraciones o variaciones.	Durante el reguetón presentar alteraciones de voltaje y de frecuencia, destacando en las derivadas AVL, I, AVR, AVF, III.	Mantuvo un ritmo constante sin presentar alteraciones o variaciones.
Sujeto 13	Mantuvo una frecuencia cardíaca constante con ligeras variaciones de voltaje.	Durante este género presentó variaciones en las derivaciones II, AVF y III.	Se Mantuvo constante.	Presentó un ritmo constante.	Presentó un ritmo constante.
Sujeto 14	Presentó una frecuencia cardíaca constante.	Presentó un incremento de frecuencia desde el inicio de la prueba.	Continua con la frecuencia cardíaca elevada.	La frecuencia permanece alta.	La frecuencia continua alta hasta el final de la prueba.
Sujeto 15	Presentó un ritmo cardíaco constante y estable.	Se Mantuvo constante sin presentar ninguna variación o anomalía.	Se Mantuvo constante sin presentar ninguna variación o anomalía.	Se Mantuvo constante sin presentar ninguna variación o anomalía.	Se Mantuvo constante sin presentar ninguna variación o anomalía.
Sujeto 16	Presentó un pulso cardíaco constante.	Presentó un ritmo cardíaco constante, sin variaciones significativas.	Presentó un ritmo cardíaco constante, sin variaciones significativas.	Presentó un ritmo cardíaco constante, sin variaciones significativas.	Presentó un ritmo cardíaco constante, sin variaciones significativas.
Sujeto 17	Presentó un ritmo cardíaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardíaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardíaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardíaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardíaco constante y estable.
Sujeto 18	Presentó una baja frecuencia cardíaca.	Mantuvo una frecuencia cardíaca baja durante este género.	La frecuencia se Mantuvo de la misma manera.	La frecuencia se Mantuvo de la misma manera.	La frecuencia se Mantuvo de la misma manera.
Sujeto 19	Presentó un pulso cardíaco constante con una variación en la frecuencia de las derivadas II, AVF y III, junto con una variación de voltaje en la derivada V5.	Durante el pop no se presentó variaciones en la frecuencia.	En regional mexicano presentó una anomalía en la derivada V5, puede atribuirse a una alteración del electrodo correspondiente.	Se Mantuvo constante sin ninguna anomalía.	Se Mantuvo constante sin ninguna variación.

Tabla 4.10. (continuación) Interpretación de los ECG por género.

Sujeto	ECG sin música	Pop	Regional mexicano	Reguetón	Rock
Sujeto 20	El ECG se Mantuvo constante.	Mantuvo una frecuencia constante y sin alteraciones.	A la mitad del coro, presentó una ligera alteración en la frecuencia.	Durante este género disminuyó la frecuencia.	Presentó alteraciones de la frecuencia y ligeras variaciones de voltaje.
Sujeto 21	El ECG se Mantuvo constante y sin presentar anomalías.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un incremento de la frecuencia, sin afectar las variaciones de voltaje.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	La frecuencia cardiaca disminuyó desde el inicio hasta el final de este género.
Sujeto 22	El ECG presentó mínimas alteraciones de voltaje.	Se mantuvo constante durante este género, sin alteraciones ni anomalías.	Se mantuvo constante durante este género, sin alteraciones ni anomalías.	Se mantuvo constante durante este género, sin alteraciones ni anomalías.	Se mantuvo constante durante este género, sin alteraciones ni anomalías.
Sujeto 23	Durante el ECG, presentó alteraciones de voltaje y frecuencia en la derivada V5, esto puede atribuirse a una variación del electrodo.	No presentó alteraciones de voltaje, sin embargo, mantuvo una frecuencia elevada.	No presentó alteraciones de voltaje, sin embargo, mantuvo una frecuencia elevada.	No presentó alteraciones de voltaje, sin embargo, mantuvo una frecuencia elevada, intensificándose al final de este género.	No presentó alteraciones de voltaje, sin embargo, mantuvo una frecuencia elevada, intensificándose al final de este género.
Sujeto 24	El ECG se mantuvo con un voltaje y frecuencia constante.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.
Sujeto 25	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.
Sujeto 26	Mantuvo una alta frecuencia cardiaca durante el ECG.	No presentó alteraciones de voltaje, sin embargo, mantuvo una alta frecuencia.	No presentó alteraciones de voltaje, sin embargo, mantuvo una alta frecuencia.	No presentó alteraciones de voltaje, sin embargo, mantuvo una alta frecuencia.	No presentó alteraciones de voltaje, sin embargo, mantuvo una alta frecuencia.
Sujeto 27	Presentó alteraciones de voltaje en el ECG, al igual que una alta frecuencia entre pulsos.	El ECG Mantuvo una frecuencia alta.	El ECG Mantuvo una frecuencia alta.	El ECG Mantuvo una frecuencia alta.	El ECG Mantuvo una frecuencia alta.

Tabla 4.10. (continuación) Interpretación de los ECG por género.

Sujeto	ECG sin música	Pop	Regional mexicano	Reguetón	Rock
Sujeto 28	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Durante el pop presentó un ritmo cardiaco constante y sin variaciones.	Se Mantuvo de la misma manera durante el reguetón.	Se Mantuvo de la misma manera durante el rock.	Se Mantuvo de la misma manera hasta el final de la canción.
Sujeto 29	ECG normal y constante, sin anomalías ni variaciones.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.
Sujeto 30	Presentó un ritmo constante sin anomalía ni alteraciones.	En el pop presentó una alteración de voltaje al inicio de la canción, el cual se estabilizó poco antes de los dos segundos.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.	Presentó un ritmo cardiaco constante y estable.

4.3 Interpretación de cuestionario 2

Posterior a la realización de los electrocardiogramas y que los sujetos recibieron estímulos musicales, se realizó una encuesta para determinar lo indicado por los puntos siguientes, cuyas respuestas se muestran en las tablas. (4.11 a 4.17).

1. ¿Cómo te sentiste durante la realización del experimento?

Tabla 4.11.

Opción	N° respuestas
Alegre	23
Triste	0
Enojado	0
Miedo	0
Otro	
Ansioso	1
El resto no específico	6

23 sujetos se mantuvieron alegres durante la realización de la prueba, seguido de 1 ansioso y 6 personas no especificaron su estado de ánimo posterior a la prueba

2. ¿Cómo te sentiste con la selección de los géneros y canciones?

Tabla 4.12.

Opción	N° respuestas
Cómodo	23
Incomodo	1
Enojado	0
Me dio igual	6

Los encuestado se sintieron cómodos con la selección de géneros y canciones, correspondiendo a lo esperado por la encuesta y la figura 3.2 (página 55), únicamente 1 persona se sintió incomoda y el resto fueron indiferentes.

3. ¿Algún género te causo incomodidad o molestia?

Tabla 4.14.

Opción	N° respuestas
No	21
Si	8
Regional	2
Rock	2
Reguetón	4
Pop	1

Correspondiendo con la figura 3.3 (página 55), las 8 personas que resultaron molestas con un género, 4 especificaron que fue por el reguetón, 2 por el rock y 1 por el pop, el resto no sintió incomodidad al respecto.

4. ¿Sentiste ganas de bailar con algún género?

Tabla 4.13.

Opción	N° respuestas
Si	20
No	9
Reguetón	15
Rock	9
Regional	3
Pop	2

De los encuestados, 20 de ellos sintieron ganas de bailar, tuvieron la opción de seleccionar más de un género donde hayan sentido ese impulso. Contrario a lo que se podría esperar, el reguetón predomina como un género que hace que los estudiados quieran bailar, algunos de ellos contradiciéndose a sí mismos, al haber afirmado una molestia por el reguetón (figura 3.3 página 55), el rock es el género que lo secunda.

5. ¿Alguna canción te hizo mover alguna parte del cuerpo?

Tabla 4.15.

Opción	N° respuestas
Si	25
No	4
Reguetón	14
Rock	14
Regional	3
Pop	1

Nuevamente los encuestados, afirmaron haber movido alguna parte del cuerpo, siendo el reguetón y el rock los géneros causantes de esto, 4 personas se mantuvieron estáticos durante la prueba.

6. ¿Alguna canción te hizo sentir ganas de quitar la canción?

Tabla 4.16.

Opción	N° respuestas
Si	8
No	21
Reguetón	2
Rock	4
Regional	1
Pop	1

21 personas no sintieron ganas de detener la prueba debido a alguna canción, de las 8 personas que, si quisieron, 4 afirmaron que fue por el rock y 2 por el reguetón, seguido de 1 persona con el género regional mexicano y el pop. Resulta contradictorio que el género que más provoco el impulso de parar la música fuera el rock, siendo este el género que más aprobación se observa en la gráfica 3.1, intuitivamente se podría esperar que este puesto fuera encabezado por el reguetón.

7. ¿Sentiste algún malestar durante la realización de la prueba?

Tabla 4.17.

Opción	N° respuestas
Si	5
No	24
Dolor relacionado a los electrodos	4
Volumen	1

Las 5 personas que externaron un malestar durante la prueba fueron debido a incomodidad o dolor relacionado con los electrodos (ya que uno de estos se encontraba roto) y 1 persona externo molestia por el volumen de los audífonos, no especifico si fue por un volumen alto o bajo.

4.4 Electrocardiogramas

ECG sujeto 6 sin música

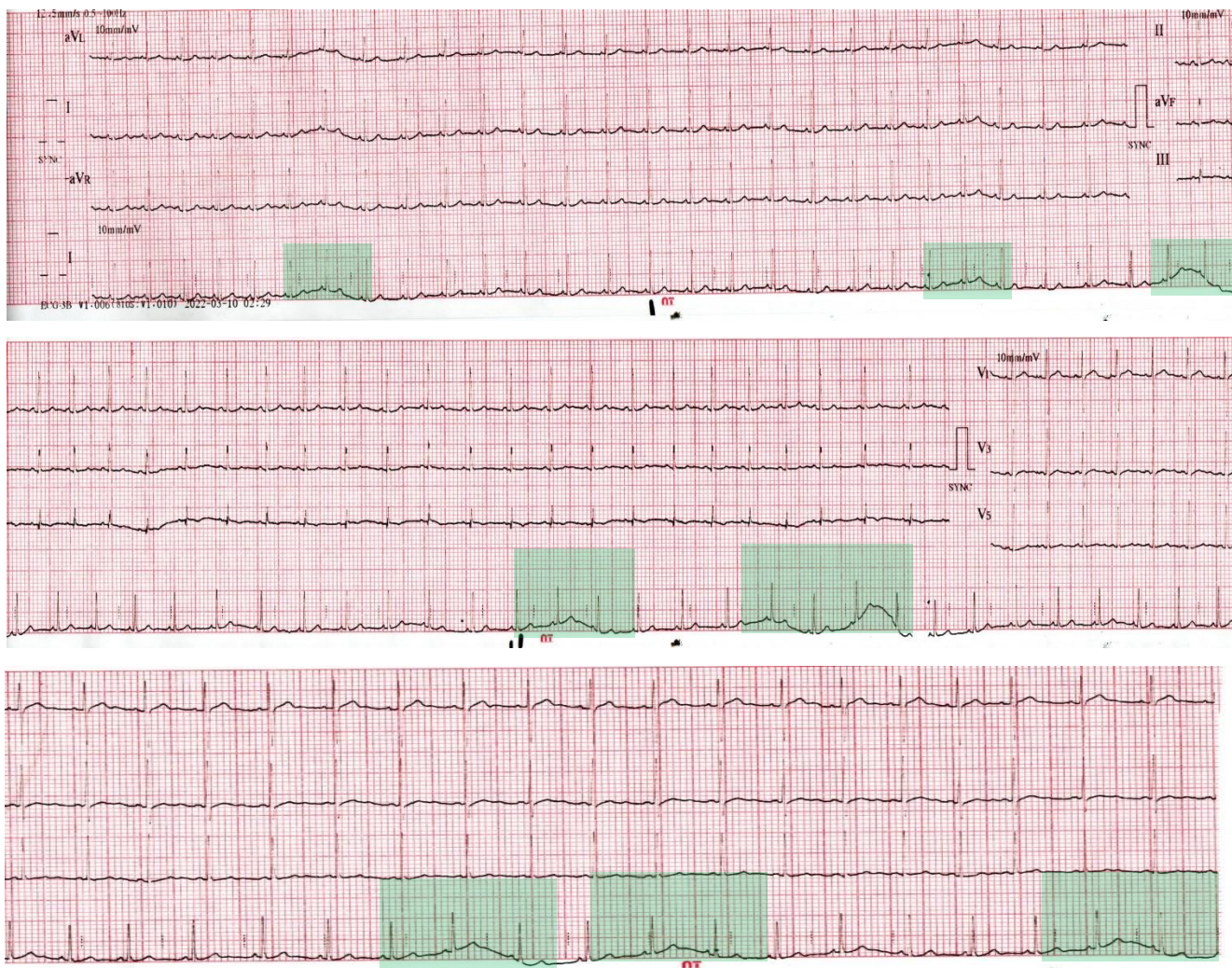


Fig. 4.1. ECG sujeto 6 sin música.

En el ECG sin música se observó alteraciones en el voltaje de por lo menos 0.5 mV, en por lo menos 8 ocasiones, como se muestra en las secciones sombreadas de la figura 4.1.

ECG sujeto 6 con pop.

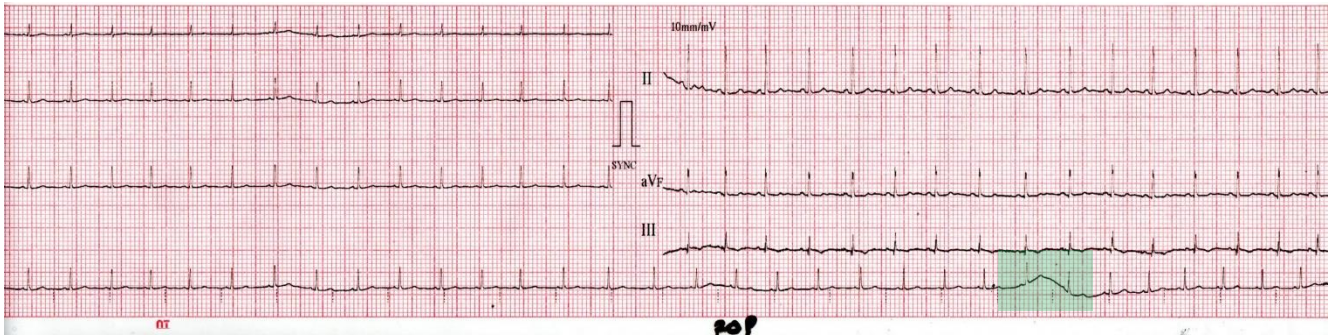


Fig. 4.2. Alteraciones en el ECG del sujeto 6 con el género pop.

Durante los primeros instantes de la canción del género pop, se observa una estabilización, hasta llegar a los últimos segundos, donde se observa una variación de voltaje de por lo menos 0.4 mV

ECG sujeto 6 con regional mexicano.

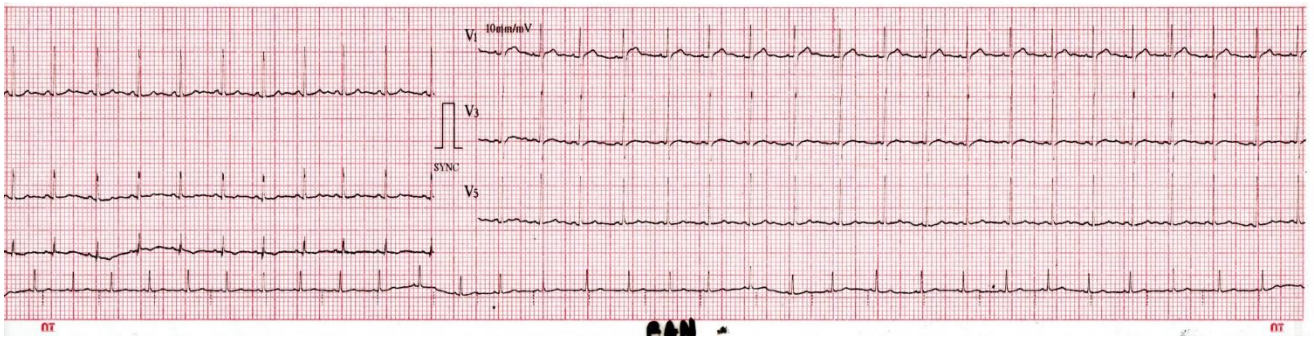


Fig. 4.3. Alteraciones en el ECG del sujeto 6 con el género regional mexicano.

Se observa nuevamente una estabilización del ritmo cardiaco, durante el regional mexicano, mostrando únicamente ligeras alteraciones de voltaje no mayores a los 5mV

ECG sujeto 6 con reguetón.

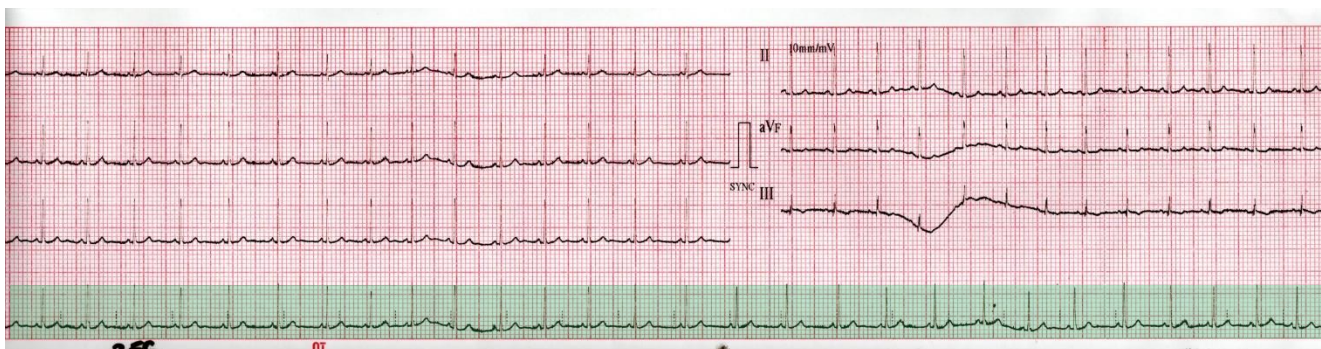


Fig. 4.4. Alteraciones en el ECG del sujeto 6 con el género reguetón.

Se observan picos en el complejo Q, R, S, correspondientes a la despolarización ventricular más altos de lo que se observaba en las figuras y géneros anteriores, estos picos alcanzando los 9 mV constantes prácticamente durante toda la canción de reguetón.

ECG sujeto 6 con rock.



Fig. 4.5. Alteraciones en el ECG del sujeto 6 con el género rock.

Los altos picos de Q, R, S, se mantienen en los 9 mV promedio, incluso alcanzando hasta los 10 mV en algunas ocasiones.

ECG sujeto 4 sin música.

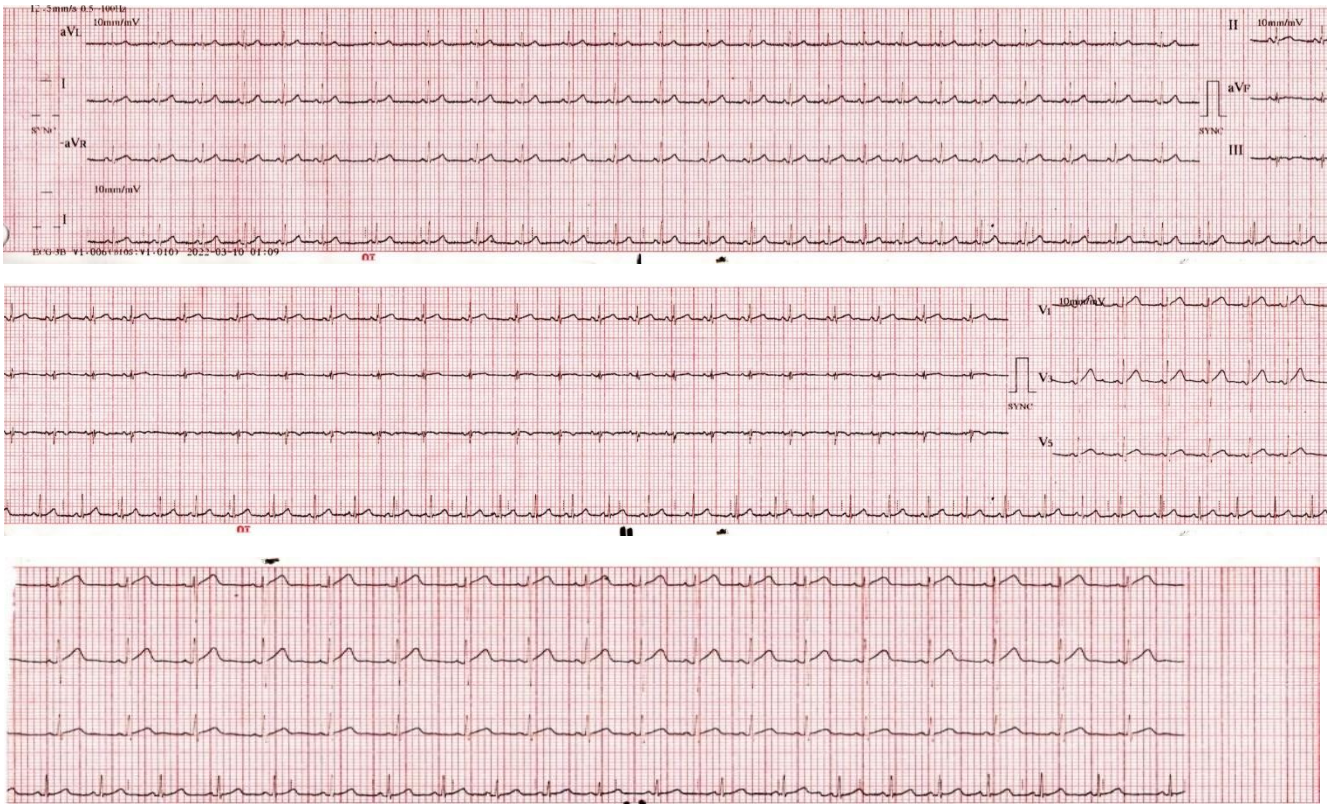


Fig. 4.6. ECG del sujeto 4 sin música.

ECG sujeto 4 con rock.

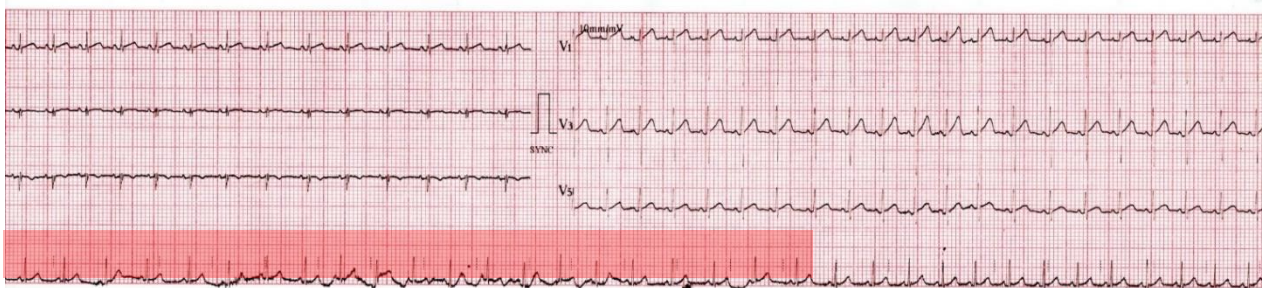


Fig. 4.7. Alteraciones en el ECG del sujeto 4 con el género rock.

Durante el género rock se observa que el sujeto 4, se observan alteraciones en los intervalos P, R con distintas variaciones de voltaje que van desde los 0.3 mV hasta los 0.5 mV.

ECG sujeto 8 sin música.

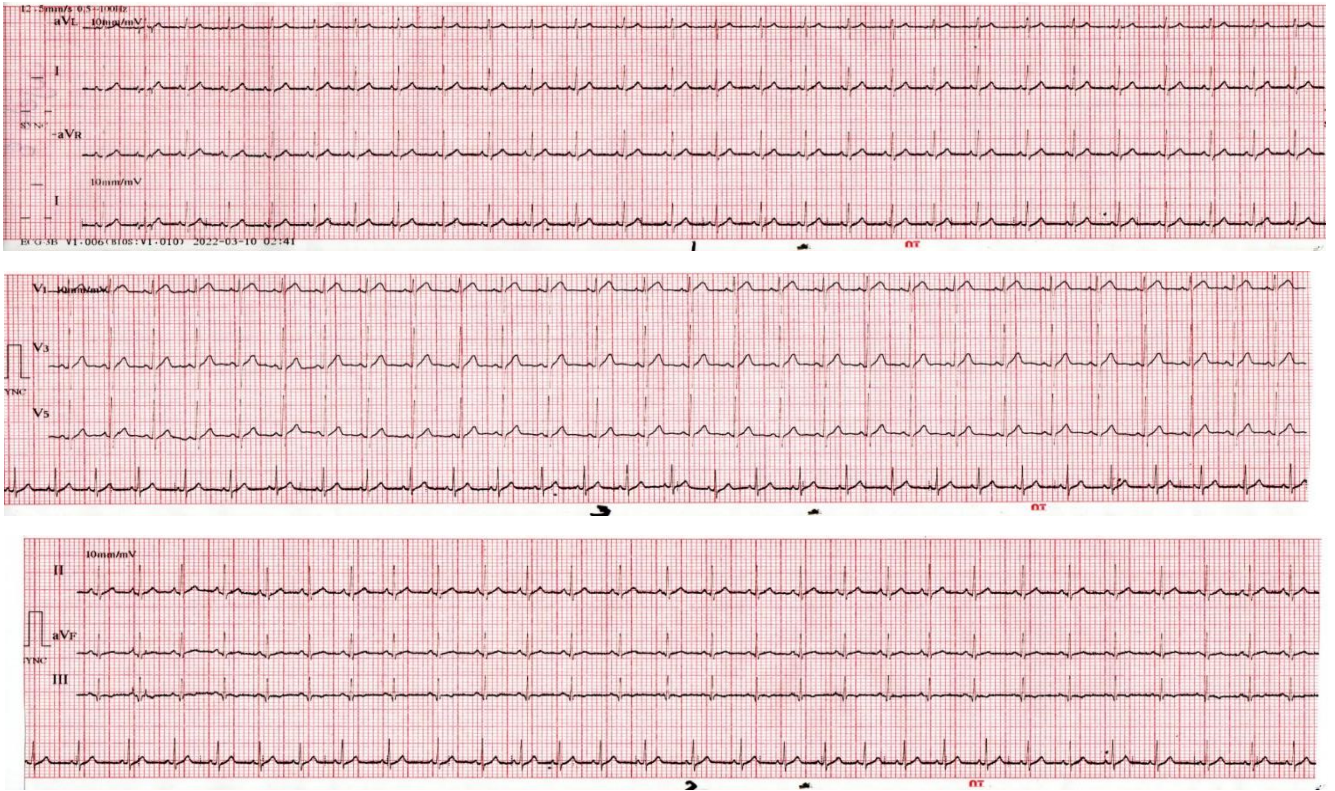


Fig. 4.8. ECG del sujeto 8 sin música.

ECG sujeto 8 con pop.

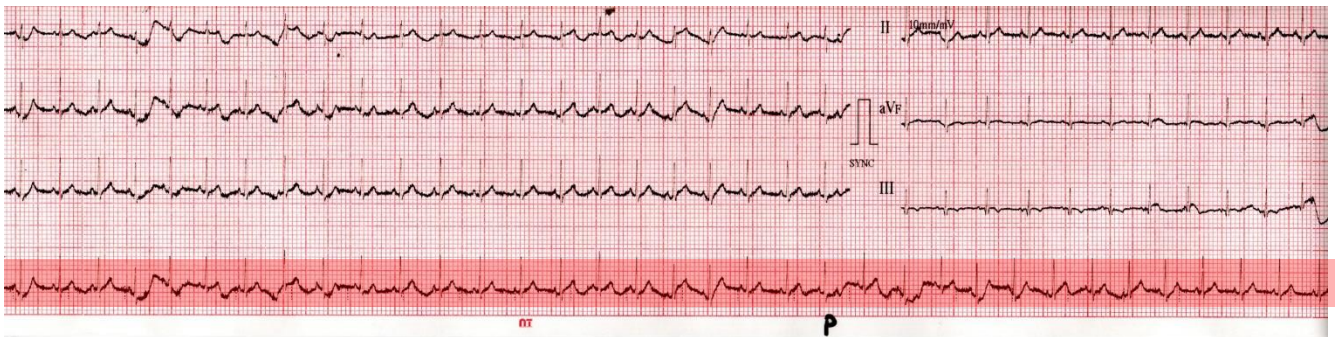


Fig. 4.9. ECG del sujeto 8 con género pop.

Desde los primeros instantes del género pop se puede apreciar alteraciones significativas en comparación de su ECG sin música, principalmente variaciones en el segmento de los intervalos P, R, que van desde los 0.3 mV hasta los 0.8 mV

ECG sujeto 8 con regional mexicano

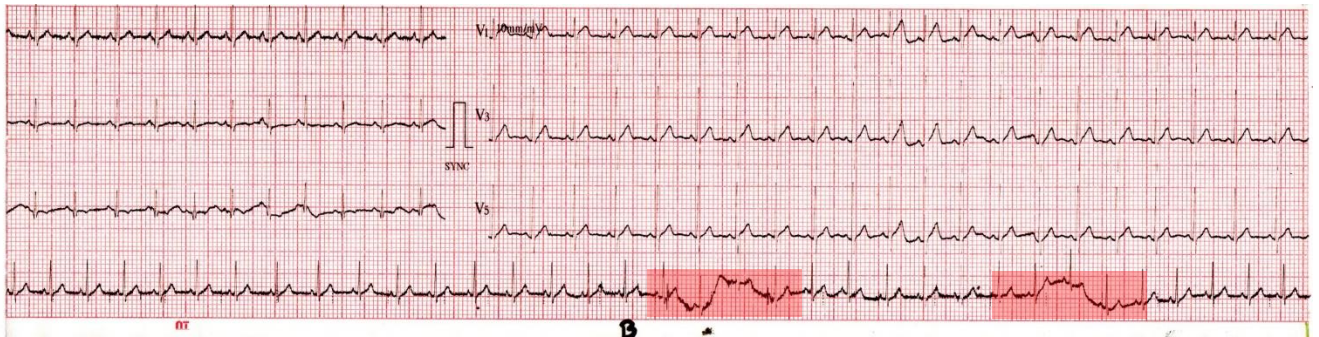


Fig. 4.10. ECG del sujeto 8 con género regional mexicano.

Se puede apreciar una estabilización del segmento P, R, durante el regional mexicano hasta llegar a los últimos segundos, donde nuevamente aparecen variaciones de voltaje de hasta 0.9 mV

ECG sujeto 8 final pista reguetón e inicio de rock.



Fig. 4.11. ECG del sujeto 8 con género reguetón y rock.

Como se puede observar en la figura 4.11, la superficie sombreada de rojo corresponde al segmento del reguetón, donde se ve que el final de esta sección, nuevamente hay variaciones del segmento P, R, incluso llegando a alterar los picos de Q, R, S alcanzando los 1.5 mV, en la sección sombreada con morado, se observa que disminuyen gradualmente estas variaciones, y corresponden al inicio de la canción de rock.

ECG sujeto 9 sin música.

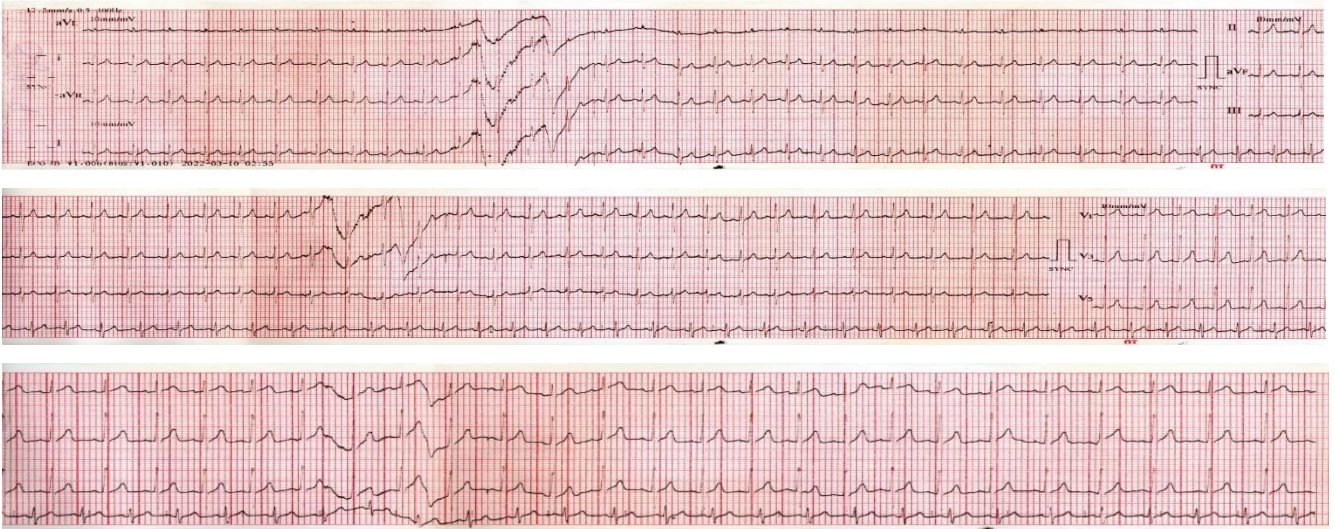


Fig. 4.12. ECG del sujeto 9 sin música.

ECG sujeto 9 con reguetón y principio rock.

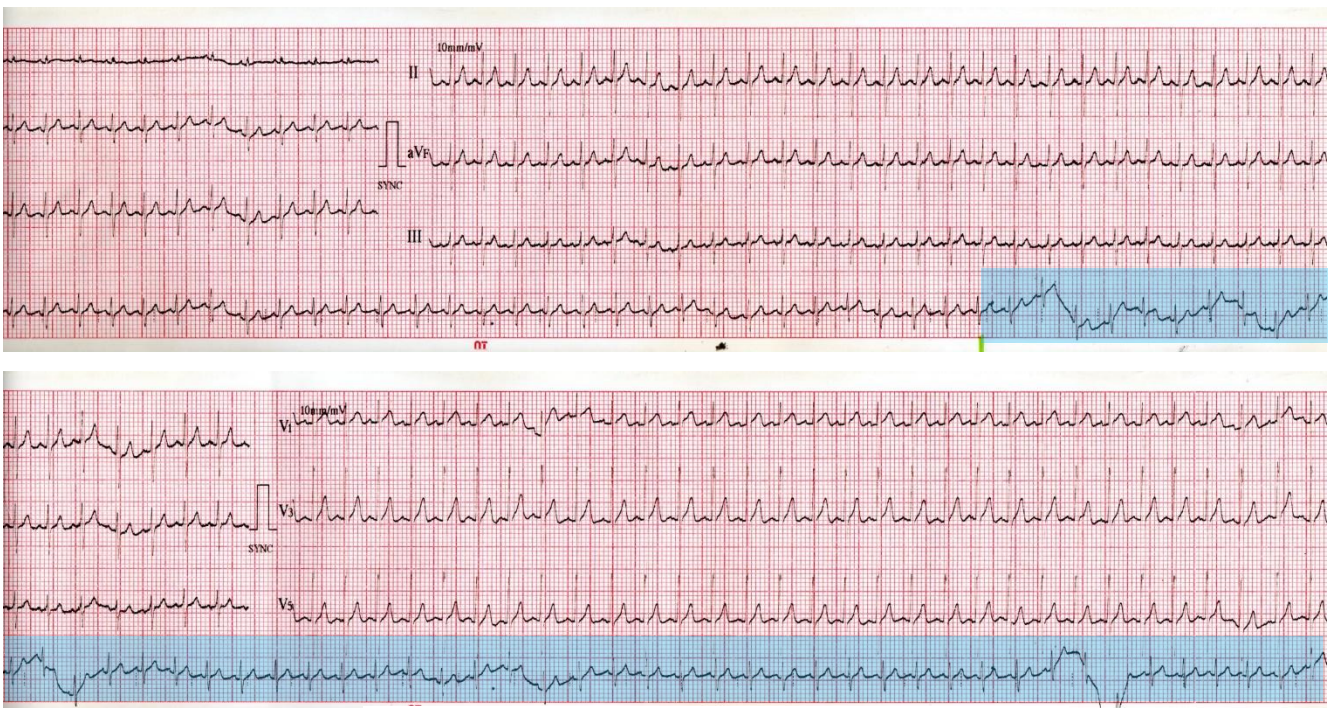


Fig. 4.13. ECG sujeto 9 con reguetón y rock.

Presenta alteraciones de voltaje de hasta 0.6mV justo en el momento de la transición de reguetón a rock (área sombreada azul), estas variaciones continúan hasta el final de la pista.

ECG sujeto 11 sin música.

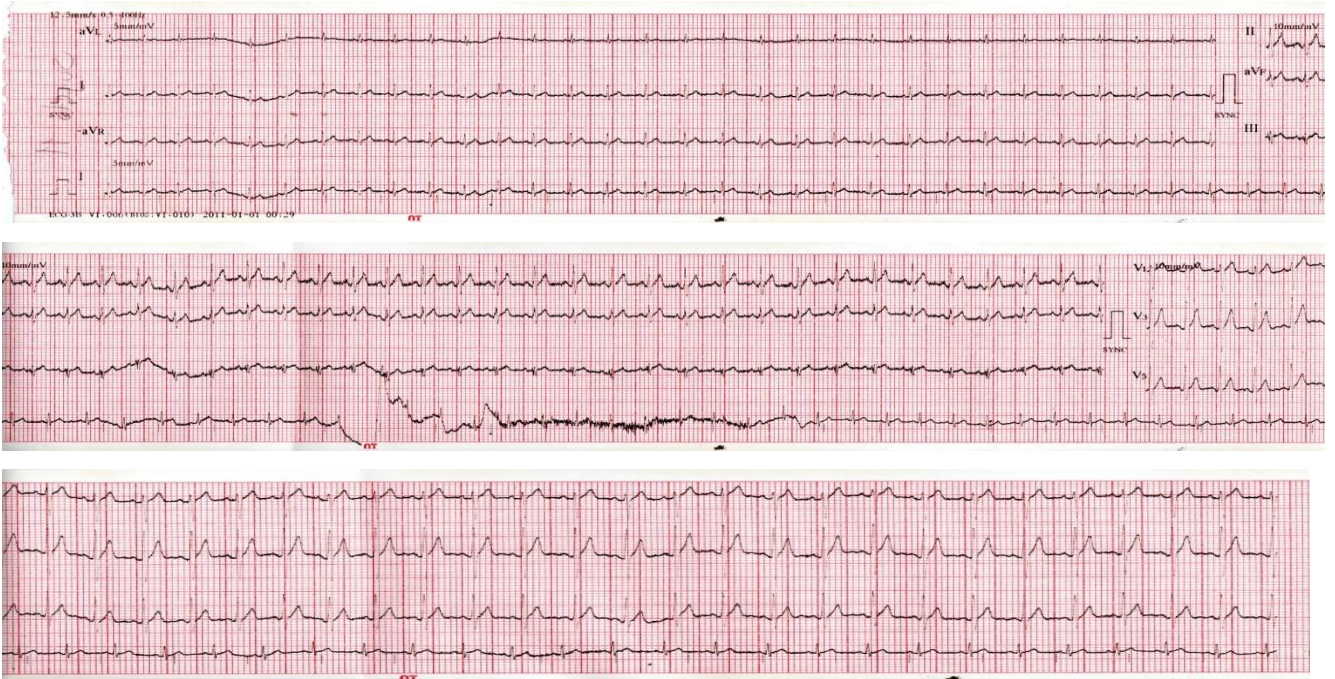


Fig. 4.14. ECG del sujeto 11 sin música.

ECG sujeto 11 con final de reguetón e inicio rock.

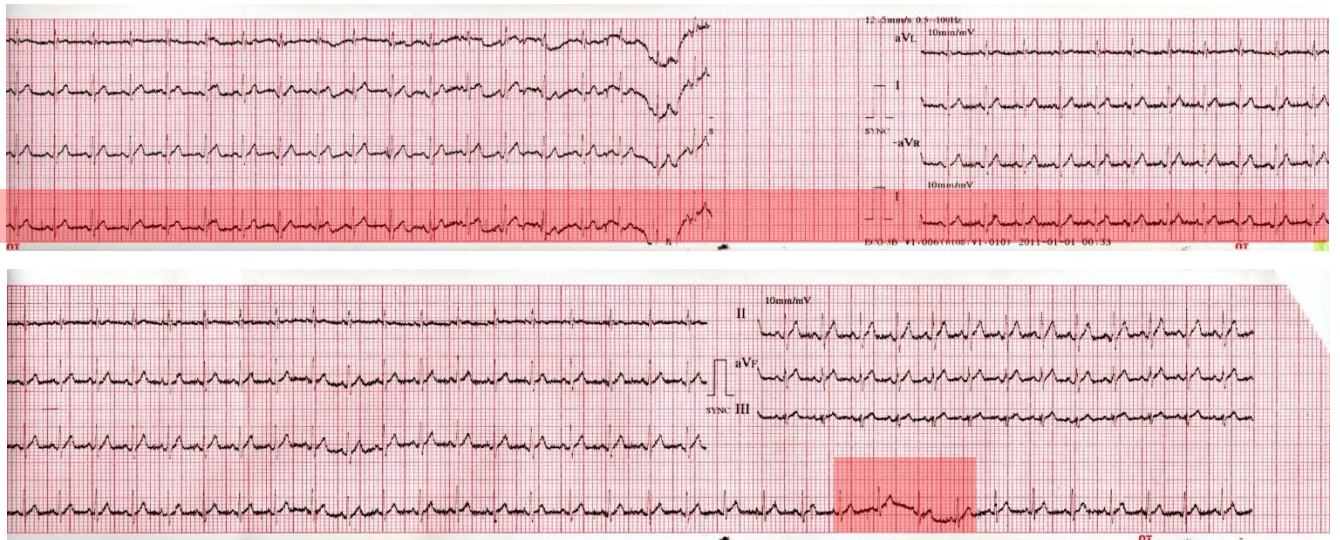


Fig. 4.15. ECG del segmento final del reguetón e inicio del rock.

Se ve una alteración del segmento Q, R, S, la señal del ECG aparentemente muestra inestabilidad, incluso en el fragmento final del rock se presenta nuevamente una lateración de voltaje significativa de hasta 0.3 mV.

ECG sujeto 12 sin música.

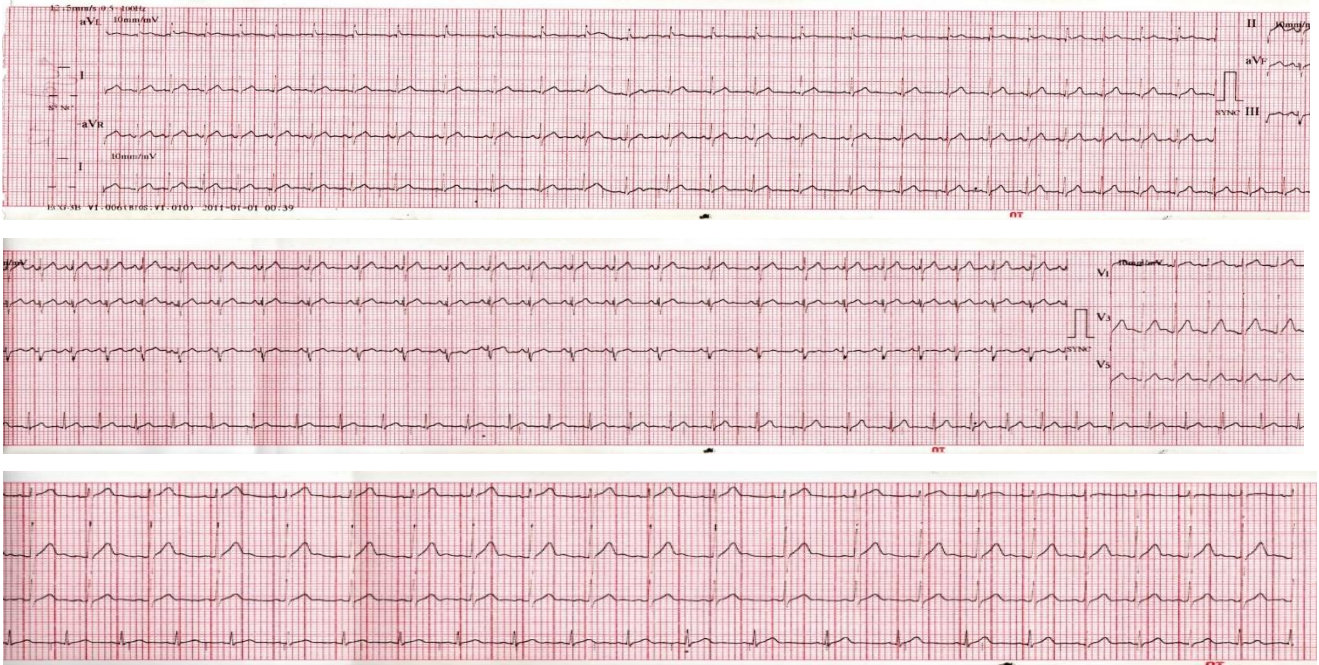


Fig. 1.16. ECG del sujeto 12 sin música.

ECG sujeto 12 con Reguetón e inicio rock.



Fig 1.17. ECG del sujeto 12 con regueton e inicio rock.

En la sección del regueton hay variaciones de voltaje irregulares (area sombreada roja), por otra parte inmediatamente iniciado el rock, estas variaciones de voltaje se estabilizan y no se vuelven a presentar las anomalías.

4.5 Costo aproximado

Para llevar a cabo este proyecto se realizaron gastos en diferentes conceptos (ver tabla 4.18). El electrocardiógrafo necesitó papel para el registro de los estudios y gel aplicado en los electrodos de este.

La adquisición de cada uno de los productos requirió desplazamientos hacia el centro y sur de la ciudad a través del transporte público, y, de esta manera poder adquirirlas para su uso.

De acuerdo con el tiempo de inversión efectivo, la investigación, desarrollo y revisión del proyecto se estiman, aproximadamente, para el primer colaborador (Luis Alberto León Martínez) 252 horas ocupadas, tomando en cuenta que invirtió 9 horas a la semana, y para el segundo colaborador (Ian Sharik Mora Alferes) 224 horas ocupadas, considerando que invirtió 8 horas a la semana, para su finalización por cada uno.

Basados en los cálculos de aranceles del Colegio de Ingenieros Civiles de la Ciudad de México [47], para un ingeniero responsable de obra, se tomó como referencia un arancel de \$55.12, ya que el costo es por m² dependiendo el tipo de obra, esto como referencia de un costo por hora; tomando en cuenta que este proyecto se comenzó a realizar desde la última semana de agosto de 2021.

Se decidió cuadruplicar el valor por hora dado el peso del proyecto y el valor dado por los colaboradores, dando un total de \$220.48 pesos por hora para el cálculo de los honorarios por cada ingeniero en comunicaciones y electrónica.

Las horas de trabajo invertidas por colaborador fueron determinadas por cada uno de ellos según sus consideraciones.

Las horas efectivas de uso de internet por ambos colaboradores fueron estimadas mediante cronómetro, por cada uno (tabla 4.18). Considerando que ambos colaboradores por el servicio privado de internet pagan, aproximadamente, \$349.00 pesos al mes, se optó por dividir la cantidad anteriormente señalada entre 720 horas que, en promedio, están contenidas en un mes, arrojando el costo cercano de lo que

se paga por hora (tabla 4.18, por concepto de uso de internet). Como referencia se puede revisar el libro de tarifas de la abastecedora de servicio de comunicaciones [48].

Para su desarrollo el uso de energía eléctrica fue de mayor uso, el cual también fue valorado por cada uno.

Con base a lo investigado, un equipo de cómputo gasta un aproximado de 350 watts por hora, esto por 10 horas encendido serían 3.50 kWh (kilo watts por hora) [49], y, por los datos obtenidos en el recibo del abastecedor de energía eléctrica en la Ciudad de México, el costo básico es de \$0.835 por cada uno de los primeros 75 kilowatts por hora [50].

En la determinación de los costos de realización por electrocardiograma, se promediaron precios de 3 laboratorios para obtener un costo base de referencia, el cuál es \$242.66 pesos por cada estudio.

Tabla 4.18. Costos y gastos aproximados del proyecto, dados en moneda nacional.

CONCEPTO	CANTIDAD	IVA	PRECIO UNITARIO SIN IVA	PRECIO UNITARIO CON IVA	IMPORTE TOTAL
Rollo de papel térmico para electrocardiógrafo Zoncare 8 cm x 20 m	3 piezas	\$19.04	\$119.00	\$138.04	\$414.12
Gel para ultrasonido de 250 ml	1 pieza	\$8.69	\$54.31	\$63.00	\$63.00
Transporte público (METRO)	4 viajes	\$0.00	\$5.00	\$5.00	\$20.00
Transporte público (Tren ligero)	2 viajes	\$0.00	\$3.00	\$3.00	\$6.00
Uso de internet del colaborador uno (Luis Alberto León Martínez)	110 horas	\$0.0755	\$0.4092	\$0.4847	\$53.12
Uso de energía eléctrica del colaborador uno (Luis Alberto León Martínez)	150 horas			\$0.835	\$125.25

Tabla 4.18.(continuación) Costos y gastos aproximados del proyecto, dados en moneda nacional.

Salario destinado al colaborador uno (Luis Alberto León Martínez) para un ingeniero en comunicaciones y electrónica	252 horas			\$220.48	\$55,560.96
Uso de internet del colaborador dos (Ian Sharik Mora Alferes)	95 horas	\$0.0755	\$0.4092	\$0.4847	\$46.05
Uso de energía eléctrica del colaborador dos (Ian Sharik Mora Alferes)	120 horas			\$0.835	\$100.20
Salario destinado a al colaborador dos (Ian Sharik Mora Alferes) para un ingeniero en comunicaciones y electrónica	224 horas			\$220.48	\$49,387.52
Electrocardiogramas	30 estudios	\$242.67	\$242.67	\$242.67	\$7280.10
				TOTAL	\$113,056.32

En la sección de anexos, se podrá observar la nota de remisión (figura A) y recibo del pago (figura B) de la compra de los rollos de papel térmico para electrocardiógrafo, y, también el recibo de la compra del gel para ultrasonido (figura C)

Por lo tanto, el valor aproximado del proyecto es de \$113,063.01

Conclusiones.

Después del análisis a los ECG de los alumnos del grupo 9CV16 (2022-2), se concluye que, la propuesta del método de análisis de la respuesta cardiaca a los distintos géneros musicales funciona, registrando que el 80% de los sujetos estudiados, permanecieron relajados, sin presentar alteraciones en su ritmo cardiaco, no habiendo diferencia alguna entre los géneros que afirman ser de su agrado y los que no lo son, en el 20% restante si hay perturbaciones en su ECG, cambios coinciden en los tiempos de transición de canciones.

Por lo tanto, el método propuesto de evaluación a la respuesta cardiaca funciona y es válido para su aplicación a un universo mayor de personas. Dicho lo anterior se logró cumplir el objetivo, y, de igual manera, se da pauta para la investigación en el área de la psicoacústica y su desarrollo en México.

Consideraciones y propuestas.

Se propone una colaboración interdisciplinaria en la que participen ingenieros, médicos y psicólogos, para profundizar en la interpretación de resultados y perfeccionar la metodología del desarrollo del proyecto.

Considerar el uso de espacios afines y acondicionados especialmente para la escucha de música, como estudios de grabación o salas de entretenimiento, entre otros, esto con la finalidad de proporcionar a los participantes de las pruebas un espacio cómodo y agradable, teniendo cubiertos los factores que puedan llegar a perjudicar los resultados de las pruebas, como el ruido y factores visuales del entorno.

Se plantea la opción de la colaboración interdisciplinaria y la sugerencia de realizar las pruebas con un encefalograma, partiendo de la premisa que en el cerebro se originan las emociones, observar directamente las ondas cerebrales encargadas de efectuar estos cambios, a partir de esto, estudiar más a fondo, de manera científica, como las personas construyen sus gustos musicales.

Se considera la aplicación de éste proyecto en espacios donde la música juegue un papel importante en el comportamiento de las personas, ya sean lugares dedicados a terapias, centros de spa, centros de yoga, salas de espera, restaurantes, entre otros más, el proyecto ayudará a encontrar cuál es el género adecuado para los espacios anteriormente mencionados.

Referencias

- [1] Feria De Las Ciencias UNAM, «UNAM.mx,» Sep 2019. [En línea]. Available: https://feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria23/feria353_01_pitagoras__la_musica.pdf. [Último acceso: 28 10 2021].
- [2] Marlene, «La Guía 2000,» 7 Ene 2019. [En línea]. Available: <https://biologia.laguia2000.com/zoologia/el-desarrollo-del-canto-de-los-pajaros>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [3] V. Superprof, «Superprof,» 12 Mar 2021. [En línea]. Available: <https://www.superprof.mx/blog/nacimiento-del-baile/>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [4] R. A. Española, «Diccionario de la lengua española,» 2001. [En línea]. Available: <https://www.rae.es/drae2001/m%C3%BAsica>. [Último acceso: 27 03 2022].
- [5] C. Reynoso, «Antropología de la Música, De los géneros tribales a la organización,» de *Antropología de la Música, De los géneros tribales a la organización*, vol. 1, Buenos Aires, p. 191.
- [6] A. Copland, *Cómo escuchar la música*, Fondo de Cultura Económica, 1995, p. 284.
- [7] F. M. García, *La más sencilla, útil y práctica Teoría de la Música*, Ediciones Framog, 1995, p. 209.
- [8] Redaccion, «Lamusicoterapia,» 11 Nov 2012. [En línea]. Available: <https://www.lamusicoterapia.com/etapa-inicial/>. [Último acceso: 3 11 2021].
- [9] V. Vannay, «Saludadiario,» 22 Ago 2014. [En línea]. Available: <https://www.saludadiario.es/opinion/salud-ruídos-colores>. [Último acceso: 04 11 2021].

- [10] D. M. Monche, «Ototech,» Salud Auditiva, . [En línea]. Available: <https://www.ototech.es/blog/sirven-los-ruídos-color/>. [Último acceso: 4 11 2021].
- [11] P. A. Daneri, Electromedicina: equipos de diagnóstico y cuidados intensivos, Buenos Aires: Editorial Hispano Americana S.A., 2007, p. 208.
- [12] C. A. Alva, W. Resaño. y J. O. Castillo, «www.academia.edu,» 01 2011. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/13679020/Diseño_y_Construcción_de_un_Electrocardiógrafo_de_bajo_costo?from=cover_page. [Último acceso: 03 03 2022].
- [13] J. E. Vela, Introducción a la cardiología, D. J. J. Á. Valdivieso, Ed., D.F.: Editorial El Manual Moderno, S.A de C.V., 2000, p. 781.
- [14] Eunice Kennedy Shiver National Institute of Child Health and Human Development, «NIH,» 17 Oct 2019. [En línea]. Available: <https://espanol.nichd.nih.gov/salud/temas/neuro/informacion/partes>. [Último acceso: 25 11 2021].
- [15] D. F. A. B. Dr. Luis Ramón Luja Alvarado, de *Nociones de Anatomía Humana*, Puebla, México, Instituto Politécnico Nacional, 1996, p. 397.
- [16] Elsevier Connect , «Elsevier,» 29 09 2018. [En línea]. Available: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/sistema-cardiovascular-anatomia-general-arterias-venas>. [Último acceso: 02 03 2022].
- [17] Larousse , de *Larousse Enciclopedia QUOD*, Queretaro, México, Larousse , 2005, p. 1370.
- [18] Texas Heart Institute, «Texas Heart Institute,» [En línea]. Available: <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/el-sistema-de-conduccion/#:~:text=In%20English-,Los%20impulsos%20el%C3%A9ctricos%20generados%20por%20el%20m%C3%BAsculo%20car>

d%C3%ADaco%20(el%20miocardio,%C2%ABmarcapasos%20natural%C2%. [Último acceso: 02 03 2022].

- [19] E. I. C. J. T.-J. K. Q. F. G. Annemarie Brüel, Geneser Histología, Médica Panamericana, 2014, p. 768.
- [20] B. H. Hirose, Ciencias de la salud, Ciudad de México: McGraw-Hill Education, 2013, p. 456.
- [21] B. D. Gerard J. Tortora, Principios de Anatomía y Fisiología, Editorial Médica Panamericana, 2013, p. 1296.
- [22] D. W. Z. L. N. C. Z. T. Saavedra J., «Correlación funcional del sistema límbico con la emoción, el aprendizaje y la memoria,» *Morfología*, 2015.
- [23] F. M. Cid, «SER HUMANO: EMOCIONES Y LENGUAJE,» *Revista electrónica de Psicología Iztacala*, vol. 11, nº 22, p. 14, Julio 2008.
- [24] I. H. Membrilla, «Asociación en Favor de las Personas con Discapacidad Intelectual,» 1 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.asociacionsanjose.org/influencia-la-musica-las-emociones-humanas/>. [Último acceso: 19 Marzo 2022].
- [25] P. Ball, «BBC,» BBC News Mundo, 29 Abril 2014. [En línea]. Available: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/04/140429_salud_musica_placer_aa. [Último acceso: 19 Marzo 2022].
- [26] Stanford Children's Health, «Stanford Children's Health,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomaylafisiologadelodo-90-P05132>. [Último acceso: 26 11 2021].
- [27] I. S. Rivas, «Naturaleza del sonido,» Ciudad de Mexico, 2021.

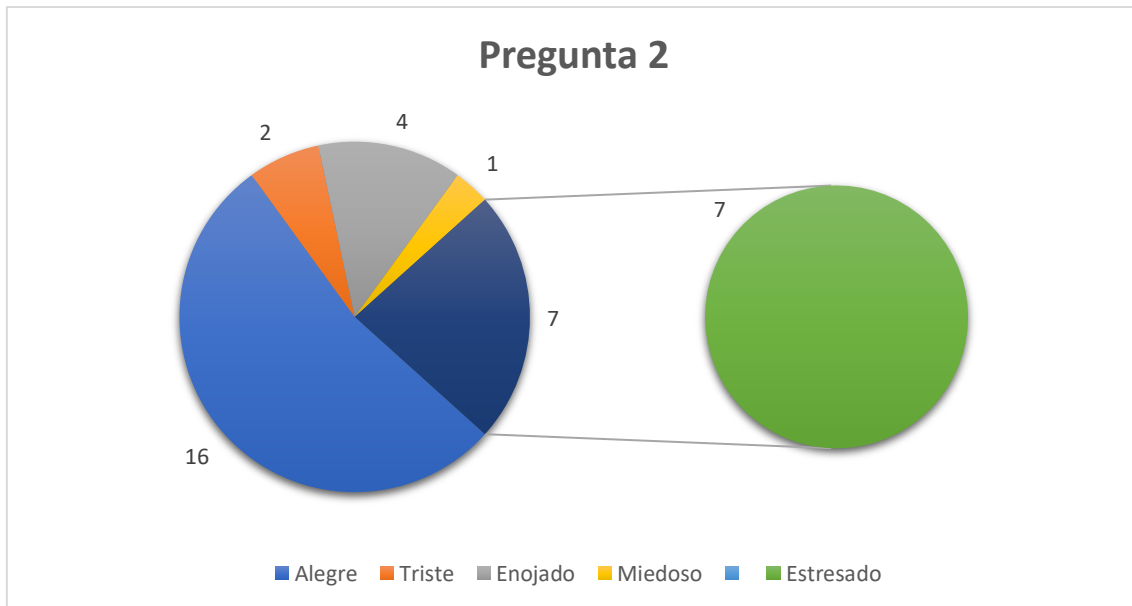
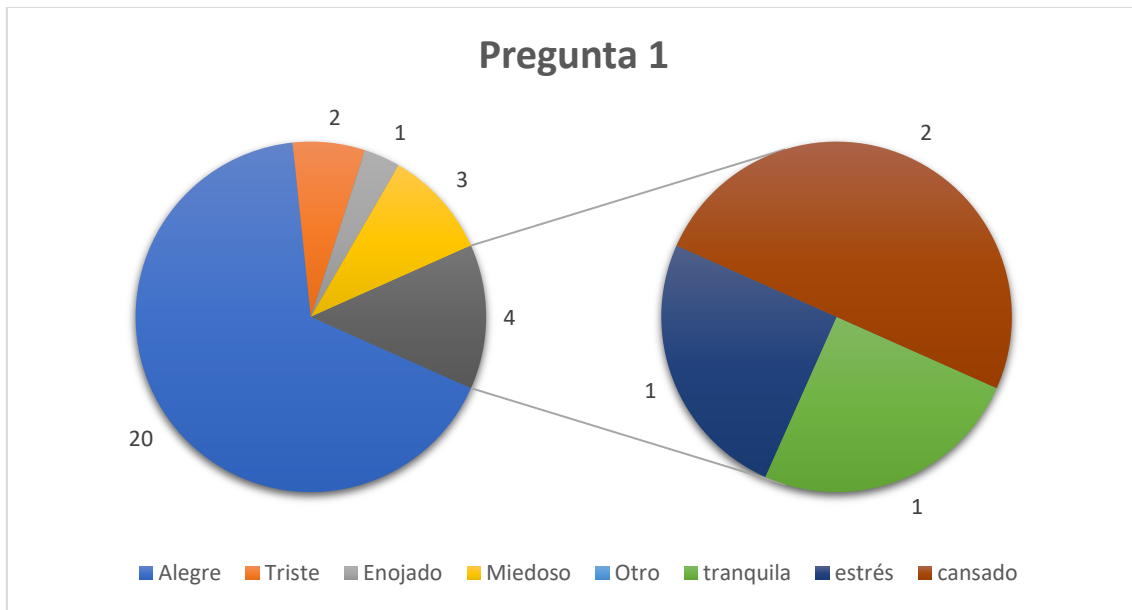
- [28] Instituto ORL - IOM, «Instituto ORL-IOM,» 2018 Jun 2018. [En línea]. Available: <https://www.institutoorl-iom.com/blog/como-percibe-sonido-oido-humano/>. [Último acceso: 26 11 2021].
- [29] H. Fletcher, Auditory patterns, Reviews of Modern Physics, 1940.
- [30] C. R. R., «Guía práctica para el análisis y la gestión del ruido industrial.,» Fremap, Madrid, 2013.
- [31] J. R. Stuart, Predicting the audibility, detectability and loudness of errors in Audio Systems, Nueva York: Audio Engineering Society Preprin, 1991.
- [32] E. F. H. Zwicker, Psychoacoustics: Facts and Models, Berlin: Springer, 1990.
- [33] F. L. D, Human Auditory capabilities and their consequences in digital audio converter design, 1989, pp. 45-62.
- [34] J. R. Stuart, «Implementation and measurement with respect to human auditory capabilities,» *de Implementation and measurement with respect to human auditory capabilities*, Reino unido, 1992, pp. 45-61.
- [35] M. d. I. P. M. G. P. G. A. y. Jacquier, «AACADEMICA,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.aacademica.org/alejandro.pereira.ghiena/43.pdf>. [Último acceso: 12 12 2021].
- [36] A. Cajal, «Lifeder,» 20 May 2019. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/caracteristicas-rock/>. [Último acceso: 13 12 2021].
- [37] Dance Emotion, «Dance Emotion,» Dance Emotion, 27 Abr 2021. [En línea]. Available: <https://dancemotion.es/de-donde-viene-la-salsa-origen-y-evolucion/>. [Último acceso: 13 12 2021].

- [38] R. Z. R. Frances Negrón-Muntaner, «Bibliografía Latinoamericana,» Septiembre 2009. [En línea]. Available: <https://biblat.unam.mx/hevila/Nuevasociedad/2009/no223/3.pdf>. [Último acceso: 13 Diciembre 2021].
- [39] I. Leonardo, «La Díspora Salvaje,» de *Vamos Pal Perreo Historias, Argüendes, Poemas y Dibujos sobre Reguetón*, Ciudad de México, Fruta Bomba, 2020, p. 204.
- [40] Spotify, Compositor, *LOUD The History of Reggaeton*. [Grabación de sonido]. Spotify. 2021.
- [41] D. A. M. Noriega, «Biblat UNAM,» 2009. [En línea]. Available: <https://biblat.unam.mx/hevila/TramasMexicoDF/2009/no31/7.pdf>. [Último acceso: 04 03 2022].
- [42] N. Fernandez, «Los40,» Los 40, 24 02 2019. [En línea]. Available: https://los40.com/los40/2019/01/24/musica/1548328786_989308.html. [Último acceso: 04 Mar 2022].
- [43] J. B. C. Torrico, *Entre líneas y sonidos: Los flujos del sentido en la producción de la música*, Jalisco, Tlaquepaque: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, 2017, p. 146.
- [44] Arta , «Arta Labs,» Arta Labs, 29 Ago 2021. [En línea]. Available: <https://artalabs.hr>. [Último acceso: 2022 03 15].
- [45] M. M. Roa, «Statista,» Statista, 13 jul 2021. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/grafico/25305/encuestados-que-escuchan-los-siguientes-generos-musicales-a-traves-de-servicios-de-musica-digital/>. [Último acceso: 16 02 2022].
- [46] L. J. Aguilar, *Fundamentos de programación Algoritmos, estructura de daros y objetos*, 4a edición ed., C. S. José Luis García, Ed., Madrid: McGraw Hill, 2008, p. 766.
- [47] I. L. Vér y L. L. Beranek., de *Noise and vibration control engineering.*, Cambridge, Massachusetts, Wiley, pp. 892-893.

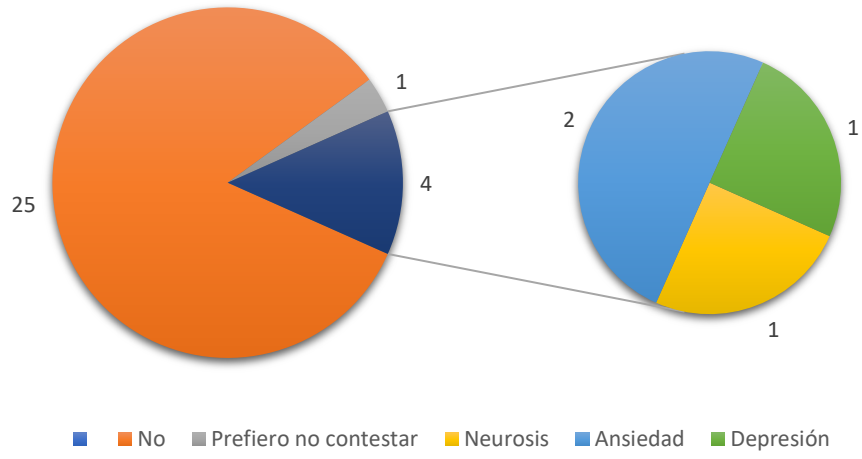
- [48] L. Beranek, «Noise and vibration control,» New York, McGraw-Hill, 1971, pp. 5564-568; 584-586.
- [49] Grupo Linuxero del Bajío, «Grupo Linuxero del Bajío,» 06 Mayo 2003. [En línea]. Available: <https://glib.org.mx/article.php?story=20030506235650189>. [Último acceso: 30 Marzo 2022].
- [50] Comisión Federal de Electricidad, «Comisión Federal de Electricidad,» Marzo 2020. [En línea]. Available: https://app.cfe.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&Anio=2020. [Último acceso: 30 Marzo 2022].
- [51] Colegio de Ingenieros Civiles CDMX, «Colegio de Ingenieros Civiles CDMX,» [En línea]. Available: <http://www.ciccdmx.org/aranceles-profesionales/>. [Último acceso: 31 Marzo 2022].
- [52] Neurofeedback, «NeuroFeedBack Barcelona,» 2019 Jul 2019. [En línea]. Available: <https://www.neurofeedback.cat/que-son-las-ondas-cerebrales/>. [Último acceso: 26 11 2021].
- [53] C. D. Reséndiz, Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Congreso-Trabajos-pagina/Trabajos-2015/Ciencias-biologicas/Ciencias-Salud/3.%20CIN201510005.pdf>. [Último acceso: 29 Noviembre 2021].
- [54] F. d. M. UNAM, «Fac Med UNAM,» 20 Sep 2019. [En línea]. Available: <http://liceaga.facmed.unam.mx/deptos/fisiologia/wp-content/uploads/2019/09/UTI-práctica-7-a.-Electroencefalograma.-AnexoManual.pdf>. [Último acceso: 30 Nov 2021].
- [55] T. N. Foundation/KidsHealth, «Rady Children's Hospital San Diego,» Septiembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.rchsd.org/health-articles/electroencefalograma-eeg/>. [Último acceso: 30 Noviembre 2021].

- [56] P. d. M. Clinic, «Mayo Clinic,» 29 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/eeg/about/pac-20393875#>. [Último acceso: 30 Noviembre 2021].
- [57] D. J. P. Soto, «Granada Neurofisiología,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.gradaneurofisiologia.com/neurofisiologia-clinica/electroencefalograma.html>. [Último acceso: 2021 Noviembre 2021].
- [58] Sonora Star, «SonoraStar,» SonoraStar, 3 Dic 2019. [En línea]. Available: <https://sonorastar.com/2019/12/03/estos-son-los-artistas-mas-escuchados-de-la-decada-2010-2019-segun-spotify/>. [Último acceso: 3 Nov 2021].
- [59] G. Briceño V., «Euston96,» 2 Dic 2021. [En línea]. Available: <https://www.euston96.com/cumbia/>. [Último acceso: 13 12 2021].
- [60] A. S. Rivera, «Unprofesor,» 17 Oct 2019. [En línea]. Available: <https://www.unprofesor.com/musica/caracteristicas-de-la-musica-clasica-3677.html>. [Último acceso: 13 12 2021].
- [61] Texas Heart Institute, «Texas Heart Institute,» [En línea]. Available: <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/anatomia-del-corazon-y-del-aparato-cardiovascular/>. [Último acceso: 02 03 2022].
- [62] S. EMP, *Interpretación del electrocardiograma*, 2016.

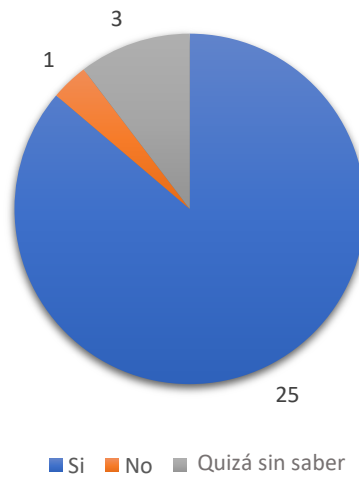
Graficas correspondientes a los resultados del cuestionario 1 (página 73)



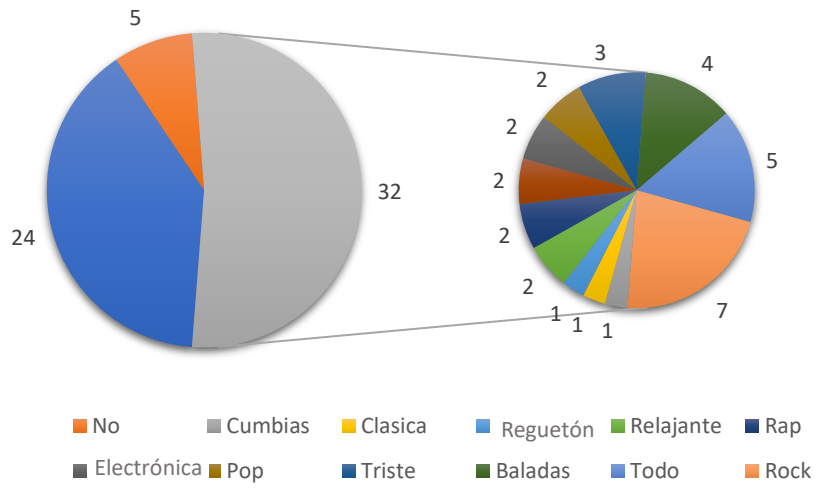
Pregunta 3



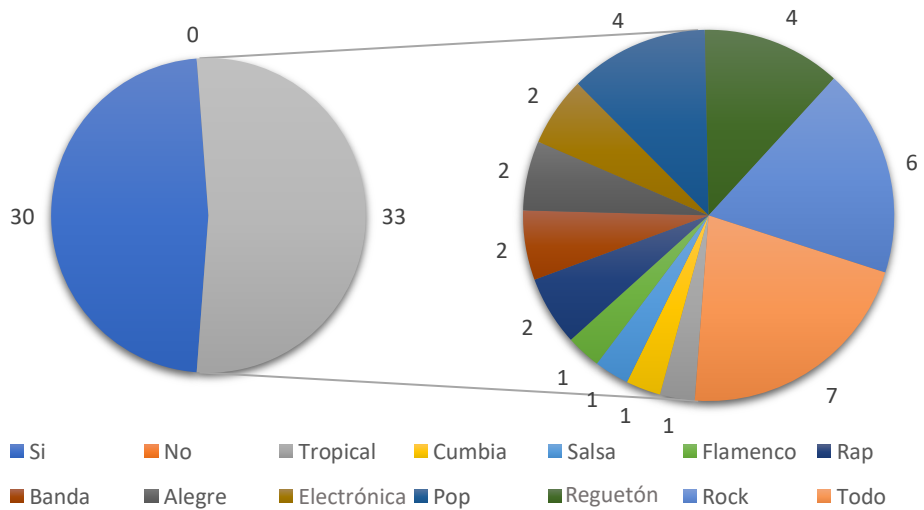
Pregunta 4



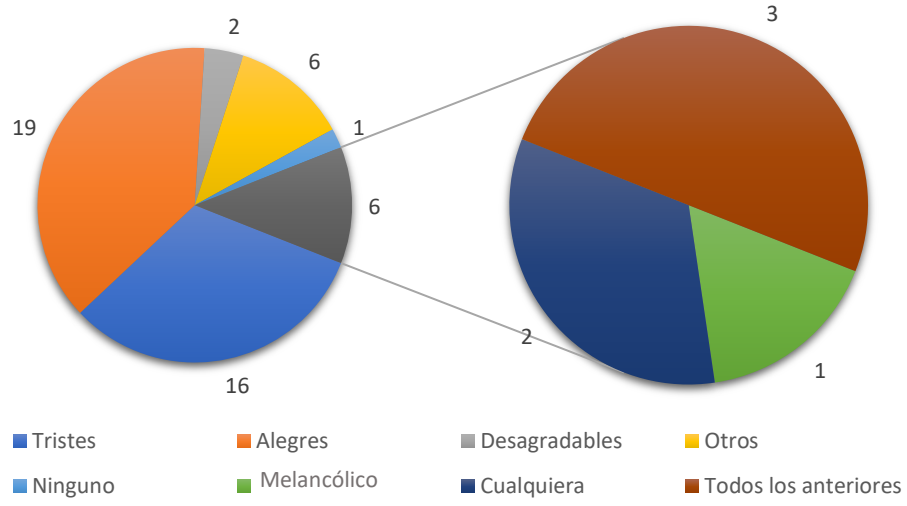
Pregunta 5



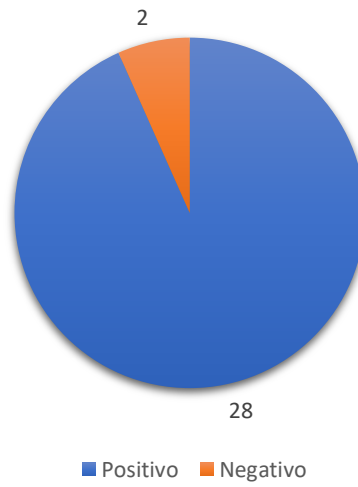
Pregunta 6



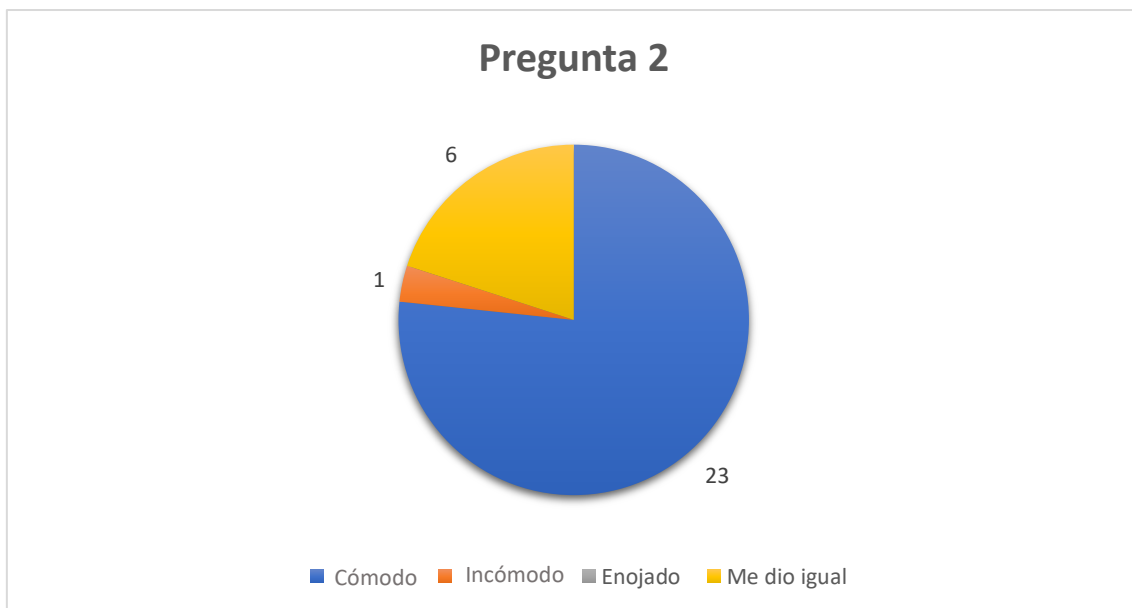
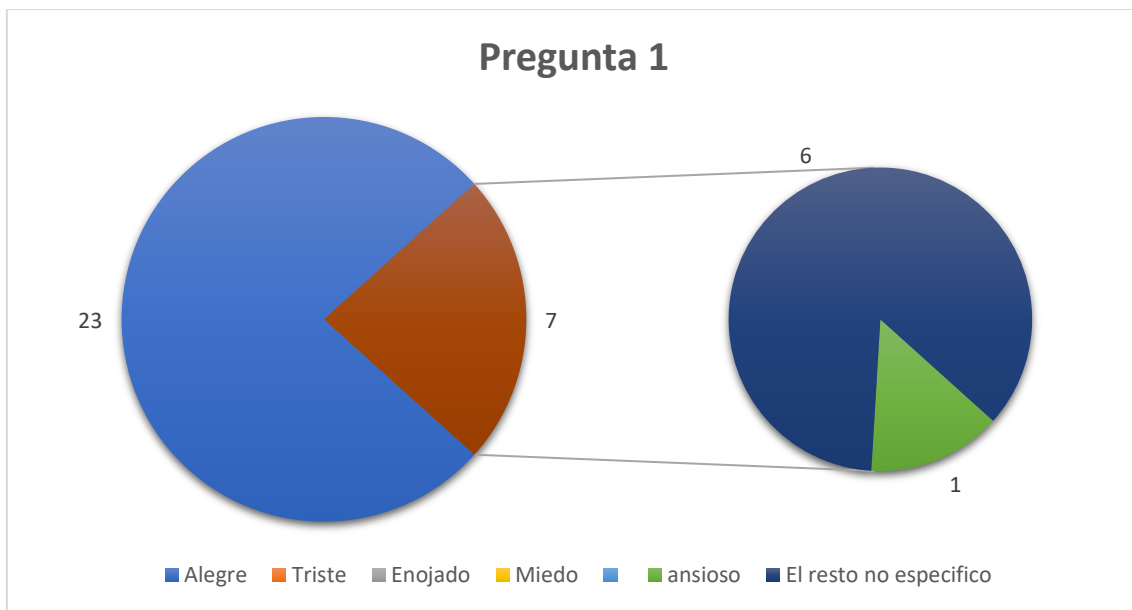
Pregunta 7



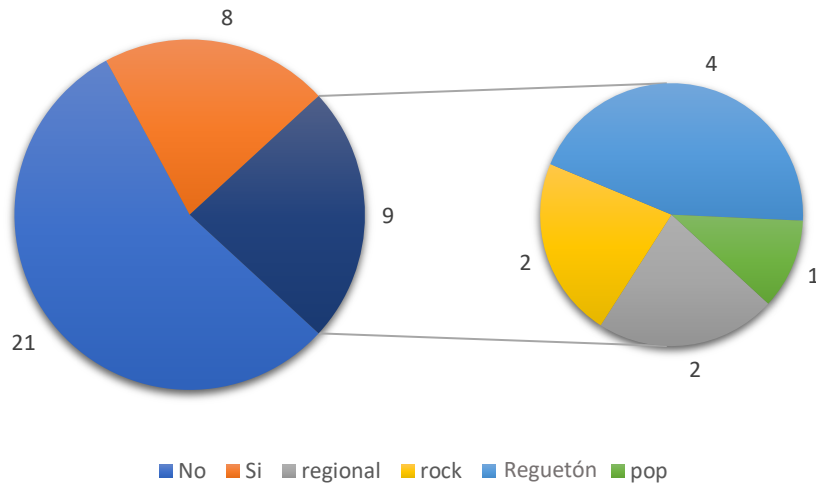
Pregunta 8



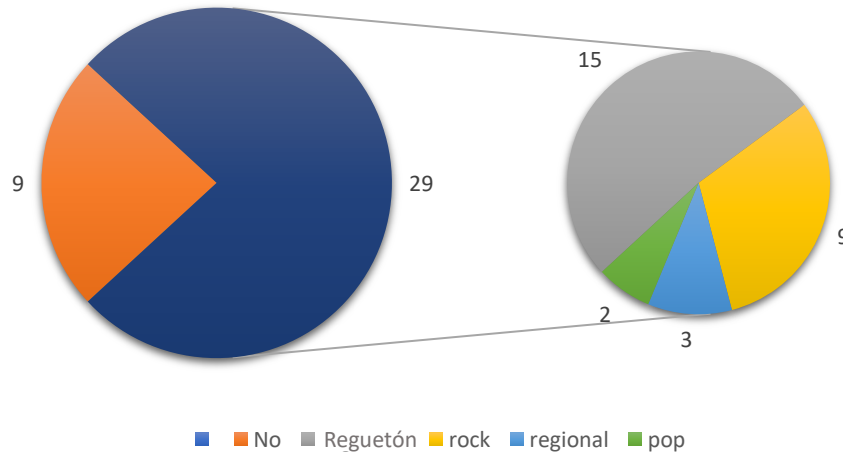
Graficas correspondientes a los resultados del cuestionario 2 (página 80)



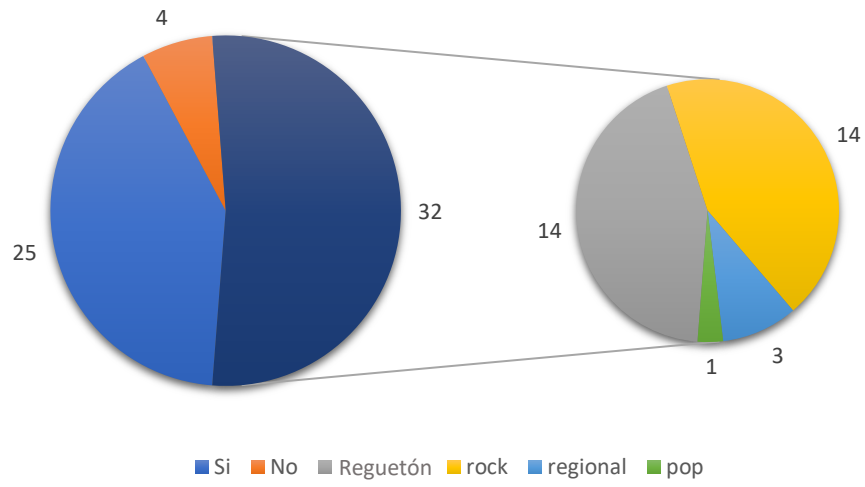
Pregunta 3



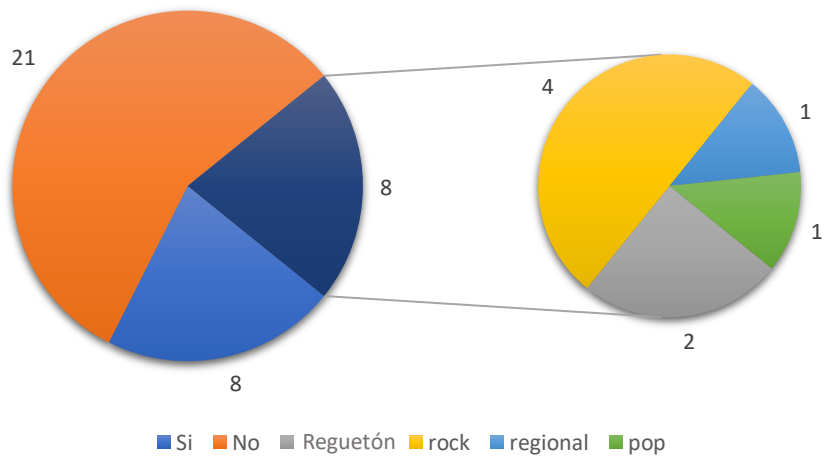
Pregunta 4



Pregunta 5



Pregunta 6



Pregunta 7

