



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**PERSONALIZACIÓN SUBJETIVA EN LOS SISTEMAS DE MÚSICA  
INTERACTIVA EN LOS VIDEOJUEGOS. EN BUSCA DE UNA  
EXPERIENCIA DE JUEGO A LA MEDIDA DEL INDIVIDUO.**

**TESIS DOCTORAL**

**Presentada por Lluís Guerra Recas**

**Directores: Stefano Scarani y Jorge Sastre**

**Junio 2021**

## **RESUMEN**

El papel de la Música como elemento de expresión e inducción emocional ha cobrado recientemente importancia en el entorno de la interactividad y los Videojuegos. Los efectos que tiene la música sobre la experiencia emocional del jugador han sido el eje vertebrador de esta investigación que, con el objetivo de crear una experiencia adaptada a la individualidad de cada persona, propone la utilización de la medición fisiológica como elemento activo en la selección musical del videojuego.

En base a la revisión de experiencias previas existentes en la literatura científica, este trabajo incluye el diseño y desarrollo de un prototipo de Sistema Musical Interactivo (SMI) basado en la medición de Respuesta Galvánica de la Piel (GSR) como detonante de las variaciones de la música, con el que poder observar la viabilidad de la propuesta con cualquier videojuego existente.

La experimentación con este sistema ha sido apoyada también por la creación de varias composiciones musicales con funcionalidad interactiva que ha tenido en cuenta, además, la incorporación de elementos musicales con demostrada efectividad en la respuesta emocional. Así ha sido posible observar distintos aspectos de la respuesta emocional de los jugadores y sugerir algunas formas de aplicación de la medición fisiológica como medio para generar una experiencia de juego individualizada.

## **ABSTRACT**

The role of Music as an element of expression and emotional induction has recently gained importance in the environment of interactivity and Videogames. The effects that music has on the emotional experience of the player have been the backbone of this research that, with the aim of creating an experience adapted to the individuality of each person, proposes the use of physiological measurement as an active element in the selection musical video game.

Based on the review of previous experiences in the scientific literature, this work includes the design and development of a prototype of an Interactive Musical System (SMI) based on the

measurement of Galvanic Response of the Skin (GSR) as a trigger for the variations of music, with which to observe the viability of the proposal with any existing video game.

Experimentation with this system has also been supported by the creation of various musical compositions with interactive functionality that has also taken into account the incorporation of musical elements with proven effectiveness in emotional response. In this way, it has been possible to observe different aspects of the emotional response of the players and to suggest some forms of application of the physiological measurement as a means to generate an individualized gaming experience.

## **RESUM**

El paper de la Música com a element d'expressió i inducció emocional ha cobrat recentment importància al voltant de la interactivitat i els Videojocs. Els efectes que té la música sobre l'experiència emocional del jugador han sigut l'eix vertebrador d'aquesta investigació que, amb l'objectiu de crear una experiència adaptada a la individualitat de cada persona, proposa la utilització del mesurament fisiològic com a element actiu en la selecció musical del videojoc.

Sobre la base de la revisió d'experiències prèvies existents en la literatura científica, aquest treball inclou el disseny i desenvolupament d'un prototip de Sistema Musical Interactiu (SMI) basat en el mesurament de Resposta Galvànica de la Pell (GSR) com a detonant de les variacions de la música, amb el qual poder observar la viabilitat de la proposta amb qualsevol videojoc existent.

L'experimentació amb aquest sistema ha sigut secundada també per la creació de diverses composicions musicals amb funcionalitat interactiva que ha tingut en compte, a més, la incorporació d'elements musicals amb demostrada efectivitat en la resposta emocional. Així ha sigut possible observar diferents aspectes de la resposta emocional dels jugadors i suggerir algunes formes d'aplicació del mesurament fisiològic com a mitjà per a generar una experiència de joc individualitzada.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Motivación	6
1.2 Objetivos	8
2. EXPERIENCIA DE JUEGO	10
2.1 "Gameplay"	10
2.2 Tecnología	11
2.3 Interactividad	12
2.3.1 Definiciones	13
2.3.2 Audiencia interactiva	13
2.3.3 Diégesis en el Videojuego	14
2.4 Ludología vs. Narrativa	14
2.5 Inmersión	15
2.5.1 Otras Experiencias	18
2.5.2 Suspensión de la incredulidad.	20
2.5.3 "Magic Circle"	21
3. GAME MUSIC	22
3.1 Sonido vs. Música	22
3.2 Música en la imagen	23
3.2.1 Lenguaje multimodal	23
3.2.2 Schizophonia y síncresis	25
3.2.3 Acusmática y diégesis	26
3.3 Música e Interactividad	27
3.3.1 Multimodalidad	28
3.3.2 Sonido Autoproducido	28
3.3.3 Escuchar el sonido interactivo	29
3.4 Función de la música en el videojuego	30
3.4.1 Música dinámica, adaptativa o interactiva	32
3.4.2 Géneros	33
3.4.3 Música e inmersión	34
3.5 Organizar la interactividad	42
3.5.1 Sistemas interactivos de selección musical.	43
3.5.2 Procedural content generation	44
3.5.3 Soluciones / aplicaciones.	46
4. EL IMPACTO EMOCIONAL	47
4.1 Emociones en la música y la investigación	48
4.2 Efectos de la Música	49
4.3 Música, emociones y Comunicación	52
4.3.1 Comunicación vs. expresión	53
4.3.2 Definir emoción	54
4.3.3 ¿Dónde se producen las emociones?	57
4.3.4 Emoción percibida vs inducida	60
4.3.5 La respuesta motora	61
4.4 Generación de emociones en la música	63
4.4.1 ¿Qué emociones suscita la música?	63
4.4.2 Contexto e individuo	64
4.4.3 ¿Cómo genera emociones la música?	66

5. MEDICIÓN	72
5.1 Métodos de Medición de Emociones	73
5.1.1 Rueda de emociones Plutchick	73
5.1.2 Valence-Arousal.	74
5.1.3 Geneva Emotion Wheel	74
5.1.4 Self Report	75
5.1.5 Self report vs. physiological	77
5.1.6 Bucle	77
5.2 Medición respuesta fisiológica	79
5.2.1 Pulsaciones cardíacas (Heart Rate)	79
5.2.2 Ritmo Respiratorio	81
5.2.3 Conductancia de la piel	81
5.2.4 Dual Analysis	82
5.3 Experiencias previas	83
5.3.1 Mediciones en otros trabajos	84
5.3.2 Sugerencias	84
5.4 Antecedentes de medición fisiológica en juegos.	86
5.4.1 Vitality Sensor Wii.	86
5.4.2 Bio sensor Nintendo 64.	86
6. DE LA MÚSICA A LA IMAGEN. MÚSICA Y EMOCIONES EN EL FILM.	87
6.1 Emoción vs estado de ánimo en el film	87
6.2 Inicios de la Música en el Film.	88
6.3 Efectos de la música en la percepción del espectador audiovisual	88
7. EMOCIONES Y MÚSICA EN EL ENTORNO INTERACTIVO	91
8. ADAPTACIÓN INDIVIDUALIZADA	93
8.1 ‘Escuchar’ al jugador	93
8.2 Definición del entorno para la experimentación y concreción de la medición	94
8.2.1 Modelo A. SMI Individualizado.	94
8.2.2 Modelo B. SMI Estándar.	94
8.2.3 Medición activa	95
8.2.4 Medición pasiva	95
9. EXPERIMENTO	96
9.1 Objetivos	96
9.2 Diseño experiencia de juego	96
9.3 Videojuego	98
9.4 Diseño Sistema Musical Interactivo (SMI)	99
9.4.1 Modalidades C (control) y G (GSR)	99
9.4.2 Modos de juego	100
Modo “Ayuda”	100
Modo “Reto”	100
9.4.3 Estados de juego	101
Estado 1: “Inicio”	101
Estado 2: “Alerta”	101
Estado 3: “Peligro”	101
Estado 4: “Vida o Muerte”	101
9.5 Diseño sistema de medición	102
9.5.1 Medición GSR	102
9.5.2 Sensor GSR	103

9.5.3	Arduino	103
9.5.4	Puerto USB en Arduino	103
9.5.5	Programación Script Sensor GSR	104
9.5.6	Diseño del script necesario para el proyecto actual	106
	Script Básico	106
	Script Mejorado	110
9.5.7	Hairless Midi Serial Bridge	122
9.5.8	Puerto Virtual MIDI	123
9.6	Programación SMI	123
9.6.1	Estados en WWISE	123
	Estados	124
	Modos de Juego	124
9.6.2	Audios/ Música	124
9.6.3	Eventos en Wwise	125
9.6.4	Controlador MIDI LPD8	126
9.7	Composición Musical	127
9.7.1	Pautas para la composición Musical según Modo y Estado	127
9.7.2	Estilo / Género	130
9.7.3	Composición Música interactiva	130
9.7.4	Tratamiento Sonoro	131
<b>10.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>132</b>
10.1	Pautas para la experimentación	132
10.2	Secuencia de actividades	132
10.3	Prueba piloto	133
10.3.1	Prueba 1	133
10.3.2	Prueba 2	134
10.3.5	Prueba 3	135
10.3.4	Prueba 4	136
10.4	Recogida de datos	137
10.5	Población	137
10.6	Resultados	138
10.7	Análisis de los Resultados.	140
<b>11.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>143</b>
11.1	Objetivo 1 - Fundamentación teórica	144
11.2	Objetivo 2 - Sistema musical interactivo individualizado	145
11.3	Objetivo 3 - Experimentación del sistema sobre un videojuego	145
11.4	Objetivo 4 - Diseño sistema de análisis subjetivo.	146
11.5	Objetivo 5 - Composición Musical Optimizada.	147
11.6	Objetivo 6 - Demostrar la incidencia del sistema en la experiencia de juego	148
<b>12.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>150</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

¿Se puede mejorar la capacidad inmersiva de la música de los videojuegos incorporando a la composición y diseño musical elementos extraídos de la observación de las características del individuo jugador y su estado anímico en cada momento?

Esta investigación quiere demostrar que se puede mejorar el efecto 'inmersivo' de la música en los videojuegos utilizando un sistema musical interactivo que tome en cuenta el estado de ánimo del momento del jugador en la selección de música, además de sus acciones y decisiones en el juego. Para ello se propone el uso de sistemas de observación del jugador mediante tecnologías modernas de análisis, que permitan añadir este factor en la interactividad del juego, seleccionando músicas que tengan un mayor efecto en la experiencia de cada individuo.

### 1.1. Motivación

Tal como sugieren Livingston S. et al (2005), en la interpretación musical en vivo existe un componente de interacción y empatía entre oyente e intérprete que se materializa en sutiles cambios en la manera de proyectar el contenido sonoro de la obra musical (por ejemplo mediante la modulación selectiva de la dinámica del sonido o en la manipulación del tempo). Es decir, existe una apertura y empatía hacia el espectador que puede afectar al desarrollo de la interpretación y de la que hacen un uso consciente y efectivo los intérpretes para crear una experiencia más intensa en el espectador, que podríamos identificar con el concepto de 'inmersión', utilizado comúnmente en el mundo de los videojuegos.

Partiendo como punto de arranque de la base teórica de autores como Chion (1993), Arnheim (2010) y Fraisse (1967), que aportan pistas de cómo trasladan sus efectos los estímulos sonoros y musicales a la experiencia audiovisual, y añadiendo las corrientes teóricas que han venido después, alimentadas por la evolución de las tecnologías audiovisuales, incluyendo la importante aportación de la dimensión interactiva a la ecuación, es posible describir y disponer de una serie de parámetros concretos de utilización de la música y el sonido en el entorno audiovisual e interactivo, que sean utilizables para crear controladamente ciertos efectos en la

percepción de la narración audiovisual en el espectador o jugador que se zambulle en una experiencia interactiva. Modulando estos parámetros, puede lograrse quizá también cierta personalización de la música de la misma manera en que en una interpretación en directo lo hace el intérprete por medio del uso de las fluctuaciones de tempo, dinámica, etc. En este caso, de manera individual, y por medio de la atención a los signos unipersonales que puedan ser detectados en cada espectador o jugador.

El desarrollo continuo de las herramientas de producción musical moderna se nutre de esa observación de la experiencia del oyente para conseguir nuevos tipos de expresividad a nivel general. Autores como Klein (2016) y Agres et al. (2017), por ejemplo, discuten la importancia del ‘feedback’ que proporciona la atención a la experiencia del oyente en el diseño y elaboración de instrumentos virtuales y procesos punteros, como los sistemas artificiales de creación musical automática.

Al trasladar este concepto al mundo de los videojuegos se echa en falta este ingrediente ‘observador’ en la música, que tenga en cuenta el estado emocional del jugador para ir creando su discurso interactivo, y no sólo sus acciones o decisiones por medio de la acción del juego.

Parece lógico que este principio pudiera aplicarse en el contexto de la música para videojuegos, para dotar a su música de un mayor efecto inmersivo. Es obvio que en el campo de la composición no puede entrar el elemento del ‘directo’ en escena, pero esta dimensión sí que se puede tener en cuenta en la elección y diseño del sistema utilizado para articular la interacción musical y hacer uso de las nuevas oportunidades que brinda la tecnología para acercar al máximo la experiencia a esa capacidad empática del artista intérprete a la musicalización de un videojuego.

## 1.2. Objetivos

Los objetivos de la investigación son:

1. Elaborar una fundamentación teórica sobre los efectos de la música en la percepción humana y evaluar métodos posibles para diseñar para moldear los afectos, estados de ánimo y respuesta a los estímulos, que sea aplicable a la música de videojuegos como modelo de plataforma interactiva.
2. Llevar a la música de videojuegos un sistema que permita incluir como elemento motivador de la interactividad algún factor que venga determinado por el estado anímico y características personales propias del jugador (edad, género, demográfico, gustos personales, etc), añadiendo al sistema musical un aspecto ‘empático’ sensible a las características personales individuales del jugador.
3. Utilizar el videojuego como modelo práctico sobre el que experimentar acerca de los efectos de la selección musical individualizada sobre el oyente en el entorno audiovisual y sacar conclusiones aplicables a otros contextos interactivos.
4. Idear un sistema de análisis subjetivo del jugador consciente e inconsciente, como sistemas de selección en forma de menú inicial donde el jugador pudiera seleccionar preferencias o introducir datos sobre los que basar la selección de música o bien inconscientemente mediante sistemas avanzados de análisis del estado emocional-fisiológico del jugador (lector de pulsaciones, pupilas, etc...), y de generación o creación musical artificial sugeridas por Pasquier et al. (2017) o Agres et al. (2017).
5. Componer músicas optimizadas para generar respuesta emocional en los oyentes/jugadores y permitan valorar la efectividad del sistema interactivo propuesto.
6. Demostrar la incidencia que una adaptación emocional de la música al individuo oyente puede tener en la inmersión y experiencia interactiva. Para comprobar el efecto de estas

consideraciones sobre la experiencia del jugador y siguiendo la idea de ‘tesis performática’ se propone recoger impresiones sobre un grupo de personas a las que se les presenta un videojuego o parte de videojuego con una música compuesta a partir del sistema musical sugerido.

Es una investigación de cariz cualitativo en la que poner de manifiesto que la atención a gustos personales y estados de ánimo variables de los jugadores en el proceso de creación puede mejorar la experiencia del juego y por tanto la aceptación del videojuego.

Esta experiencia puede dar lugar a la creación de videojuegos que ‘inteligentemente’ seleccionen músicas o interpretaciones musicales dependiendo del perfil del jugador. Incluso en juegos sociales jugados online donde cada jugador está con su propio equipo en casa, cada uno escuchando una versión de la música que más le conmueva.

## 2. EXPERIENCIA DE JUEGO

En el campo de la investigación, los videojuegos y su sonido representan un área de estudio reciente, que a su vez aporta cambios sustanciales en la teoría desarrollada anteriormente tanto a nivel de diseño y desarrollo como a nivel de sonido (disciplina que afecta a esta investigación). Karen Collins (2008, p. 2) abre su libro introductorio a la teoría de la Música en Videojuegos con este aviso: "Video games offer a new and rather unique field of study that, as I will show throughout this book, requires a radical revision of older theories and approaches toward sound in media."<sup>1</sup> Y a la vez remarca la dificultad de sentar las bases teóricas en un entorno de tanto cambio y pocos años de vida, hecho que favorece la necesidad de la experimentación empírica en la cual se alinea esta tesis: "games are so new to academic study that we are not yet able to develop truly useful theories without basic, substantial empirical research into their practice, production and consumption"<sup>2</sup>

Indagar en estas cuestiones tiene un cierto riesgo de caer en la rápida obsolescencia e insuficiente distanciamiento para ver con claridad el bosque del fenómeno multimedia. La interesante transformación que ha sufrido esta forma de expresión artística multidisciplinar es digna de analizar y tener en cuenta en un estudio como este.

Esto nos lleva pertinentemente a considerar una serie de características propias del videojuego con la que tendremos que lidiar en esta tesis.

### 2.1. 'Gameplay'

Como sugiere Cross (2015), el videojuego es comparable a la ópera, e incluso apto para recibir la definición Wagneriana 'gesamtkunstwerk' (obra de arte total), donde como la ópera de Wagner, el drama en sí trascendía el mero uso de excusa como medio para el entretenimiento musical para priorizar el drama en sí, que se ayudaba principalmente de la música para transportar las vivencias de la trama al espectador. Cross se sirve de la palabra 'Gameplay'

---

<sup>1</sup> Los videojuegos ofrecen una nueva y más bien única rama de estudio que, como mostraré en este libro, requiere una revisión radical de viejas teorías y enfoques hacia el sonido en el "media".

<sup>2</sup> Los juegos son tan nuevos en el estudio académico que todavía no somos capaces de desarrollar teorías realmente útiles sin la investigación básicas y empíricas de la práctica, producción y consumo.

como concepto poco definido pero percibido como la experiencia lúdica general vivida en el videojuego para crear la analogía y dar relevancia a un medio artístico que evoluciona para incluso llegar a ser un vehículo para subrayar el drama, la trama y la psicología de unos personajes o situación ficticia, superando el orden inicial, en que el drama sirve al juego.

‘Gameplay’ sería pues una experiencia específica proporcionada por el videojuego, enraizada a la evolución humana y de utilidad para comprender nuestra existencia: Miguel Sicart (2014): «[jugar es] una forma de entender aquello que nos rodea» y de «ser en el mundo». Y si bien existen definiciones más pragmáticas de lo que es el juego: "a rule-based system with a variable and quantifiable outcome, where different outcomes are assigned different values, the player exerts effort in order to influence the outcome, the player feels emotionally attached to the outcome, and the consequences of the activity are negotiable"<sup>3</sup> (Juul como se cita en Bjørn, 2006 p. 1). También éstas parecen otorgar a la emoción una importancia innegable en la experiencia, que sirve de nexo con concepciones quizá más idealistas: "jugar es mucho más que un ejercicio de ejecución manipulativa con el que alcanzar objetivos predeterminados [...]. Jugar es contemplar el preciosismo de la estacionalidad del cosmos, es modificar a placer un horizonte audiovisual y bailar con su resultado, es conversar en torno a una ambigüedad discursiva y profundizar en nuestro sentir, es entender la frustración como sentimiento colectivo y no como culpa individual, es reírnos de lo que somos siendo otras cosas, con otras gentes [...]. En definitiva, «es una forma de explicar el mundo, de explicar a los demás y a nosotros mismos», y ese mundo y esas personas que lo habitan son de todo menos una sola cosa homogénea e inmutable, de ahí su belleza" (Muñoz & Ramada, 2020).

## 2.2. Tecnología

Mucho ha llovido desde la publicación de los primeros videojuegos, que como si de una vida humana se tratase, nacieron mudos. "The very earliest electronic video games, including William Higinbotham's never published tennis game of 1958, Tennis for Two, and Spacewar! (1962, developed at the Massachusetts Institute of Technology), had no sound"<sup>4</sup> (Collins, 2008

---

<sup>3</sup> "Un sistema basado en reglas con un resultado variable y cuantificable, donde a diferentes resultados se les asignan diferentes valores, el jugador se esfuerza para influir en el resultado, el jugador se siente emocionalmente apegado al resultado y las consecuencias de la actividad son negociables"

<sup>4</sup> "Los primeros videojuegos electrónicos, incluido el juego de tenis nunca publicado de William Higinbotham de 1958, Tennis for Two y Spacewar (1962, desarrollado en el Instituto de Tecnología de Massachusetts), no tenían

p. 8). En un ambiente de rivalidad comercial, el videojuego y su sonido fueron creciendo alimentados por los avances tecnológicos, algo que pese a haber marcado profundamente la evolución de los videojuegos, tampoco es una característica exclusiva como nos recuerda la misma Collins (2008): "Technological constraints are, of course, nothing new to sound"<sup>5</sup> citando a su vez como ejemplos clásicos la influencia del disco de 78 rpm en la estandarización del tiempo de las canciones de pop, o la adaptación en la duración de Sérénade en la de Stravinsky para caber en un LP. De ahí a la realidad actual, donde los videojuegos y sus músicas han ido siendo reconocidos en el espectro cultural, con hitos como la nominación a los 55º 'Grammy Award' por la banda sonora de 'Journey' de Austin Wintory.

Supone todo esto un desarrollo también en el consumo del videojuego, el cual, más allá de las consolas dedicadas al efecto, es accesible desde variadas plataformas, terminales móviles y tablets, internet, televisión, redes sociales. "Technology has thus increased access to videogames; where players once had to go to dedicated arcade halls or find a specialist shop, they can now utilise the Internet and various 'app' facilities to download videogames and play them almost anywhere."<sup>6</sup> (Stobbart, 2015).

### **2.3. Interactividad**

Como elemento destacado, la interactividad. Este término, también muy debatido, podría ser estrictamente aplicado a cualquier forma de arte. como sugiere Lev Manovich (como se cita en Collins, 2013 p. 45): "All classical, and even more so modern, art is 'interactive' in a number of ways. Ellipses in literary narration, missing details of objects in visual art, and other representational 'shortcuts' require the user to fill in missing information."<sup>7</sup> Pero si nos acogemos al término utilizado comúnmente y aceptado en la industria proveniente de Andy Cameron (1995), que se describe cómo ir más allá de leer o interpretar media de la forma personal, para llegar a actuar físicamente con ese media.

---

sonido"

<sup>5</sup> "Las limitaciones tecnológicas, por supuesto, no son nada nuevo para el sonido."

<sup>6</sup> "Por lo tanto, la tecnología ha aumentado el acceso a los videojuegos; donde los jugadores antes tenían que ir a salas de juegos exclusivos o encontrar una tienda especializada, ahora pueden utilizar Internet y varias instalaciones de 'aplicaciones' para descargar videojuegos y jugarlos en casi cualquier lugar".

<sup>7</sup> "Todo el arte clásico, y aún más moderno, es "interactivo" de varias formas. Las elipses en la narración literaria, los detalles que faltan de los objetos en las artes visuales y otros 'atajos' de representación requieren que el usuario complete la información faltante. "

### **2.3.1. Definiciones**

Partiendo de una definición fundamental, la interactividad "es un método de conocimiento bidireccional. Supone que a cada acción dirigida hacia el exterior tenga que corresponder alguna forma de retroacción que constituye la información complementaria de esta acción inicial." (Scarani, 2016 p. 16), podría decirse que la interactividad no es un fenómeno exclusivo de la tecnología moderna. En los videojuegos hay diferentes niveles de interactividad, ya que la interactividad puede verse como algo fluido durante el proceso. Tal como describe Collins (2013, p. 8), las interacciones pueden darse en el juego, o en el espacio denominado 'metajuego', espacio expansivo que rodea al fenómeno lúdico, en el que se encuentran interacciones socioculturales, interpersonales o psicológicas. Relacionado con esta visión ampliada de la interactividad situaremos el nudo de interés de esta investigación, donde la interactividad ocurrirá, como veremos, en un nivel no consciente de reacción psíquico-fisiológica, formando parte de ese 'metajuego'.

Manovich (como se cita en Collins, 2013 p. 9) avisaba ya del peligro de utilizar una interpretación literal de 'interacción' sin contar interacciones no físicas. Otros consideran incluso inseparable la interacción física y psicológica (Murphy como se cita en Collins, 2013 p. 9). En una visión menos condescendiente hacia el significado global del fenómeno, Saltz (como se cita en Collins, 2013 p. 9) dice que son necesarios tres elementos en la interactividad. "Input device, computer interpretation, output device."<sup>8</sup>

### **2.3.2. Audiencia interactiva**

Collins (2013 p. 13) aborda un tema quizá interesante: Jugadores como audiencia interactiva, los jugadores interactuando en la co-creación del producto, del videojuego. Los juegos de hoy en día son experiencias sociales y socializadoras, al revés de lo que se suele pensar. Se han hecho distinciones cada vez más complejas entre género y edad de los jugadores. Hasta las 6 clases de Parks Associates: Power Gamers, Social gamers, Incidental Gamers, Occasional Gamers, Dormant Gamers, Occasional Gamers. O diferenciaciones en función de la manera de comprar juegos o los juegos que se juegan, etc.

---

<sup>8</sup> "Dispositivo de entrada, interpretación por computadora, dispositivo de salida".

### **2.3.3. Diégesis en el Videojuego**

El hecho de que un jugador tenga por un lado una vivencia de interacción con una interficie (actividad diegética), pero también una respuesta corporal al entorno del juego y experiencia, hecho diferencial frente a otras formas de media, en el que "se obvia el cuerpo físico para meterse en el espacio de la narrativa" (Collins 2005). Por tanto, toma importancia esa participación del cuerpo físico en la experiencia del juego, que no se puede obviar, y que en el ámbito del sonido provoca interesantes situaciones como el hecho de que el receptor del sonido del juego es en cierta medida, al fin y al cabo, también responsable de la emisión de ese sonido, ya sea por su acción en el juego o, como se pretende abordar en este trabajo, por las fluctuaciones en su estado anímico y reacciones emocionales.

## **2.4. Ludología vs. Narrativa**

Los videojuegos han tenido, en su relativa corta historia, una evolución y desarrollo espectaculares que les han llevado a tomar importancia no sólo a nivel comercial, sino incluso a nivel artístico y humanística, abarcando campos como la Narrativa o el Media: "Technological advances allow videogames to encompass a variety of media, including written text, film and video footage, music and other audio recordings, carrying them from games and Game Studies into other academic fields, including Narrative Studies and Media Studies."<sup>9</sup> (Stobbart, 2015 p. 21).

Este proceso no ha sido falto de polémicas, con algunos autores detractores de la existencia o pertinencia de este concepto en el mundo del videojuego, quizá sin querer darse cuenta de la fabulosa metamorfosis acaecida en el mundo del Gameplay, y refugiándose en otra disciplina que trata más la parte de la jugabilidad en los juegos: la ludología, descrita como "discipline that studies game and play activities"<sup>10</sup> (Frasca como se cita en Stobbar,t 2015 p. 11). Tal y

---

<sup>9</sup>“Los avances tecnológicos permiten que los videojuegos abarquen una variedad de medios, incluidos texto escrito, metraje de películas y videos, música y otras grabaciones de audio, llevándolos desde los juegos y el estudio de los juegos a otros campos académicos, incluidos los estudios de narrativa y de Media”.

<sup>10</sup>“Disciplina que estudia los juegos y actividades lúdicas.”

como trata en su tesis doctoral Dawns Stobbart (2015), mientras la ludología hace énfasis en las reglas del juego, la narrativa va tomando importancia con la creciente creación de juegos que ponen en primer plano la Narrativa, a modo ‘gesamtwerk’: "a general agreement that narrative is important has been gradually emerging" (Stobbart, 2015) ""narrative in videogames has become as complex as any other media (ibidem)<sup>11</sup>". Tomaríamos también a esta autora para definir la narrativa: "presentation of an event (or series of events) that constitutes a story, following Genette's definition. This includes the way the story is presented, its narrator and narration, setting, characters, and the medium it is delivered through."<sup>12</sup>

Leyendo a Sotobbart la necesaria presencia de la música se hace evidente en este contexto. "Music cannot exist in an atemporal vacuum, and therefore its presence and progress undermines the timelessness the visual representation of the landscape suggests and the cyclical time frame of repeated play. Music forces the listener to engage with the game on a temporal level, and prompts her to repeatedly reinterpret the narrative of Dear Esther in an effort to reach a narrative conclusion. Music is typically structured around forming expectations and deviating from them, before returning to the anticipated conclusion (see Meyer, 1967). Traditional western music offers, if not a complete and unified melody, then a musical structure that leads to some sense of resolution or closure."<sup>13</sup>

Esta definición es importante porque introduce y afecta directamente a un tema crucial por sus implicaciones en el papel que juega la música en los Videojuegos y relacionado con los objetivos de este estudio. La inmersión.

---

<sup>11</sup> “Poco a poco ha ido surgiendo un acuerdo general de que la narrativa es importante” [...] “la narrativa en los videojuegos se ha vuelto tan compleja como cualquier otro medio”.

<sup>12</sup> “...presentación de un evento (o serie de eventos) que constituye una historia, según la definición de Genette. Esto incluye la forma en que se presenta la historia, su narrador y narración, el escenario, los personajes y el medio a través del cual se transmite.”

<sup>13</sup>“La música no puede existir en un vacío atemporal y, por tanto, su presencia y progreso socava la atemporalidad que sugiere la representación visual del paisaje y el marco temporal cíclico del juego repetido. La música obliga al oyente a comprometerse con el juego a un nivel temporal y le impulsa a reinterpretar repetidamente la narrativa de Dear Esther en un esfuerzo por llegar a una conclusión narrativa. La música se estructura típicamente en torno a la formación de expectativas y desviarse de ellas, antes de volver a la conclusión anticipada (véase Meyer, 1967). La música occidental tradicional ofrece, si no una melodía completa y unificada, una estructura musical que conduce a una cierta sensación de resolución o cierre.”.

## 2.5. Inmersión

Huiberts (2010 p. 36) define ampliamente la inmersión. Resumido como ciertos sentimientos de "ser absorbido por el juego" o la capacidad que tiene el juego de crear esa sensación "reforzando la experiencia de juego".

Huiberts apela a ciertos estudios para remarcar la importancia que tiene la inmersión para el éxito de los juegos, haciéndolos más atractivos para jugar, y siendo ésta un importante logro para jugadores, diseñadores e investigadores. "Brown & Cairns (2004 p. 1) state that immersion is a powerful experience belonging to playing games acknowledged by gamers, designers, and game researchers. Varney (2006 p. 2) writes that it is of importance for designers to comprehend what causes immersion."<sup>14</sup>

Un tema recurrente, que también afecta a la inmersión, es el distanciamiento que existe en el terreno de la investigación con respecto a la búsqueda de soluciones prácticas que sean aplicables en la producción. Huiberts argumenta que la investigación acerca de la inmersión da pocos recursos específicos a los diseñadores de juegos. Buscando alinearse con ese fin, es importante tener una definición completa de 'inmersión' que guíe la experimentación y, aunque no hay un consenso a la hora de definir con rigor 'inmersión' sí que varios autores lo han intentado: Patrick et al. (como se cita en Huiberts, 2015 p. 38) "one in which a person is enveloped in a feeling of isolation from the real world", that can occur in both films and games"<sup>15</sup>, Dovey and Kennedy (como se cita en Huiberts, 2015 p. 38) "the experience of losing a sense of embodiment in the present whilst concentrating on a mediated environment."<sup>16</sup> Rollings and Morris (como se cita en Huiberts, 2015 p. 39) "the player's sense of actually being in the game world. Immersion is also connected to absorption in the activity"<sup>17</sup> Dansky

---

<sup>14</sup> "Brown y Cairns (2004, p. 1) afirman que la inmersión es una experiencia poderosa perteneciente a los juegos reconocidos por jugadores, diseñadores e investigadores de juegos. Varney (2006, p. 2) escribe que es importante que los diseñadores comprendan qué causa la inmersión."

<sup>15</sup> "Uno en el que una persona se ve envuelta en una sensación de aislamiento del mundo real", que puede ocurrir tanto en películas como en juegos."

<sup>16</sup> "La experiencia de perder un sentido de encarnación en el presente mientras se concentra en un entorno mediado".

<sup>17</sup> "La sensación del jugador de estar realmente en el mundo del juego. La inmersión también está relacionada con la absorción en la actividad"

and Kane (como se cita en Huiberts, 2015 p. 39) "the state of mind where a person is completely absorbed in what he is doing"<sup>18</sup>. Pine and Gilmore (como se cita en Huiberts, 2015 p. 38) separan el término de inmersión y el de absorción por ejemplo: "Absorption takes place when the experience enters the attention of the user (e.g. in films), while immersion takes place when the user physically or virtually enters the world of the experience (e.g. in games)."<sup>19</sup> o una visión más sensual de Garneau (como se cita en Huiberts, 2015 p. 38) "the pleasure of being in a different environment than usual, the pleasure of living a different life [...], the fun from this seems to come from the pleasure of escaping from one's problems."<sup>20</sup> en la que limitar el único objetivo de la inmersión a evadir los problemas pudiera parecer algo corto de miras.

Lo que sí queda claro es que existe un fenómeno comúnmente experimentado y buscado en los videojuegos en el que la persona se 'evade' de su realidad para ser absorbido a través de los sentidos, la atención y la acción en una realidad que, como veíamos antes, puede tener fines narrativos o simplemente lúdicos. Según Huiberts (2010), hay tres aspectos básicos en la inmersión, el primero ser transportado al mundo representado por el juego a través de sistemas sensoriales que estimulan la sensación de estar allí. Segundo, la absorción en la actividad a través de retos que provocan inmersión. Tercero: Identificación con la situación o personajes del a través de la narrativa, o a través de la respuesta emocional. En este último apartado es donde tomará relevancia la música y el sonido.

Es normal que se le de tanta importancia a este hecho, ya que la intensidad de esta sensación, o quizá la facilidad con la que se consiga sea clave para que el jugador tenga ganas de volver al juego como viene a sugerir Phillips (2014 p. 40) "Writer and game designer Allen Varney

---

<sup>18</sup> "el estado mental en el que una persona está completamente absorta en lo que está haciendo".

<sup>19</sup> "La absorción tiene lugar cuando la experiencia atrae la atención del usuario (por ejemplo, en películas), mientras que la inmersión tiene lugar cuando el usuario entra física o virtualmente en el mundo de la experiencia (por ejemplo, en juegos)".

<sup>20</sup> "el placer de estar en un entorno diferente al habitual, el placer de vivir una vida diferente [...], la diversión de esto parece provenir del placer de escapar de los problemas de uno".

(2006) describes immersion as «intense focus, loss of self, distorted time sense, effortless action». All of these sensations, when combined, lead to that magical state we call immersion. It is the holy grail of game design. When fully immersed, a gamer can play for hours on end without any awareness of the passage of time. When at last emerging from an extended play session, a gamer may feel both exhausted and euphoric. The urge to return to that game may then be subsequently enhanced by the memory of the pleasurable immersion and hypnotic flow that the gamer experienced while playing it. At its best, there is no other sensation quite like it within the realm of human experience."<sup>21</sup>

Huiberts (2010 p. 39) explica que en contextos ajenos a los juegos, como en los films, también se utiliza el concepto de inmersión, pero no resultan útiles en juegos. "In games, the user is not a passive observer but an active participant. This limits the usefulness of definitions of immersion in other contexts for game immersion. As the player is actively interacting with the game, it is easier for him to become absorbed in the activity as well, which is also an aspect of immersion." (ibidem)<sup>22</sup>

Pero incluso es posible llegar a esa sensación sin salir de la experiencia meramente, como documenta el estudio empírico de Gabrielsson & Wik (2003), donde un grupo de 900 personas son cuestionadas acerca de las emociones experimentadas en una música escuchada, que relatan pequeños episodios de respuesta emocional con frases como: "complete absorption; one did not think about where one was or for how long this would last; I was totally caught in the experience; everything around me did not exist; time and space ceased to exist; I dreamed myself away"<sup>23</sup>.

---

<sup>21</sup> "El escritor y diseñador de juegos Allen Varney (2006) describe la inmersión como "concentración intensa, pérdida de uno mismo, sentido del tiempo distorsionado, acción sin esfuerzo ". Todas estas sensaciones, cuando se combinan, conducen a ese estado mágico que llamamos inmersión. Es el santo grial del diseño de juegos. Cuando está completamente inmerso, un jugador puede jugar durante horas y horas sin darse cuenta del paso del tiempo. Cuando por fin al salir de una sesión de juego prolongada, un jugador puede sentirse exhausto y eufórico. La necesidad de volver a ese juego puede verse posteriormente reforzada por el recuerdo de la inmersión placentera y el flujo hipnótico que experimentó el jugador mientras lo jugaba. En el mejor de los casos, no hay otra sensación como ésta dentro del ámbito de la experiencia humana ".

<sup>22</sup> "En los juegos, el usuario no es un observador pasivo, sino un participante activo. Esto limita la utilidad de las definiciones de inmersión en otros contextos para la inmersión del juego. A medida que el jugador interactúa activamente con el juego, es más fácil para él absorberse en la actividad también, que también es un aspecto de la inmersión ".

<sup>23</sup> "Absorción completa; uno no pensaba dónde estaba ni cuánto tiempo duraría; estaba totalmente atrapado en la

### **2.5.1. Otras Experiencias**

Tratándose esta cuestión de la ‘inmersión’ de un factor importante y como se indicaba en la introducción, relacionada con los objetivos de esta investigación, tiene también interés remarcar algunas otras experiencias que se han descrito que pueden tener también su efecto en la inmersión, como detonantes o como experiencias complementarias.

Sin ir más lejos, Gabrielsson (como se cita en Juslin and Sloboda, 2010 p. 563), atribuye a Maslow un antecedente cuando había recurrido en su investigación al término ‘peak experience’: "he found several characteristics of generalized peak experience, such as total attention on the object in question, complete absorption, disorientation in time and space, transcendence of ego, and identification or even fusion of the perceiver and the perceived. Peak experience is good and desirable; there is a complete loss of fear, anxiety, inhibition, defence, and control. Moreover, «the emotional reaction in the peak experience has a special flavour of wonder, of awe, of reverence, of humility and surrender before the experience as before something great» (Maslow, 1968 pp. 87-8), even a fear of being overwhelmed by more than what one can bear. The experience may occasionally be described as sacred."<sup>24</sup> Curiosamente lo había atribuido también a experiencias musicales, pero no solo eso. "Maslow found that 'the two easiest ways of getting peak experiences ... are through music and through sex' (Maslow, 1976 p. 169)."<sup>25</sup> La música vista, pues, con plenas facultades para movilizar las emociones, las sensaciones, hasta el espíritu, otorgando experiencias ‘religiosas’, características en este caso exclusivas de la música y el sexo, gran rival en lo que a intensidad experiencial se refiere.

Por otro lado el concepto de ‘Flow’, también recogido por Gabrielsson. "The concept of flow

---

experiencia; todo lo que me rodeaba no existía; el tiempo y el espacio dejaron de existir; me soñé lejos"

<sup>24</sup> "Encontró varias características de la experiencia cumbre generalizada, como la atención total al objeto en cuestión, la absorción completa, la desorientación en el tiempo y el espacio, la trascendencia del ego e identificación o incluso fusión del perceptor y lo percibido. La experiencia cumbre es buena y deseable; hay una pérdida completa de miedo, ansiedad, inhibición, defensa y control. Además, 'la reacción emocional en la experiencia cumbre tiene un sabor especial de asombro, de asombro, de reverencia, de humildad y entrega ante la experiencia como antes de algo grande'"(Maslow, 1968, págs. 87-8), incluso el miedo a ser abrumado por más de lo que uno puede soportar. La experiencia puede ser descrita ocasionalmente como sagrada".

<sup>25</sup> "Maslow descubrió que 'las dos formas más fáciles de obtener experiencias máximas ... son a través de la música y el sexo' (Maslow, 1976, p. 169)".

(Csikszentmihalyi, 1990) has a similar meaning. It refers to a state of intense but yet effortless involvement in an activity, the experience of which is 'so enjoyable that people will do it ...'<sup>26</sup> muy cercano a lo descrito como inmersión.

### ***2.5.2. Suspensión de la incredulidad.***

Para algunos autores, para que se dé la inmersión en su plena forma es necesario observar algo con lo que ya se contaba en la antigüedad en el mundo de la poética, la 'suspension de la incredulidad' (Phillips, 2014 p. 38). Basándose en la tradición aristotélica, la técnica consiste en "introducir siempre elementos que sean «necesarios y probables» en los guiones, dando de esta manera una sensación de realismo que se va reforzando con personajes con emociones genuinas"<sup>27</sup> (Phillips, 2014 p. 38) a la vez que se atiende al lado emocional del espectador para que éste pueda "no solo creer en la historia a nivel intelectual, sino también empatizar con la verdad del cuento (ibidem)."<sup>28</sup> Volvemos en este punto, pues, a darnos con el que parece un tema clave, las emociones tomando su papel.

Phillips diferencia entre este concepto de suspensión de la realidad y el de inmersión y a la vez diferencia claramente la inmersión experimentada en el juego "Immersion in video games differs from immersion in other forms of entertainment in that it is not a passive experience, but rather an active one"<sup>29</sup>, lo que a su vez se ha relacionado con la mayor capacidad para crear esta inmersión en los juegos a juzgar por las conclusiones de algunos estudios como el de Chris Dede (como se cita en Phillips, 2014 p. 34) "The more a virtual immersive experience is based on design strategies that combine actional, symbolic, and sensory factors, the greater the participant's suspension of disbelief that s/he is 'inside' a digitally enhanced setting"<sup>30</sup>.

---

<sup>26</sup> "El concepto de *fluir* (Csikszentmihalyi, 1990) tiene un significado similar. Se refiere a un estado de participación intensa pero sin esfuerzo en una actividad, cuya experiencia es 'tan agradable que la gente lo hará ...'"

<sup>27</sup> "introducir siempre elementos que sean" necesarios y probables "en los guiones, dando de esta manera una sensación de realismo que se va reforzando con personajes con emociones genuinas"

<sup>28</sup> "no solo creer en la historia a nivel intelectual, sino también empatizar con la verdad del cuento."

<sup>29</sup> "La inmersión en videojuegos se diferencia de la inmersión en otras formas de entretenimiento en que no es una experiencia pasiva, sino activa"

<sup>30</sup> "Cuanto más se basa una experiencia de inmersión virtual en estrategias de diseño que combinan factores de acción, simbólicos y sensoriales, mayor es la suspensión de la incredulidad del participante por estar" dentro "de

De acuerdo con esto, la mayor experiencia sensorial, que también involucraría experimentar emociones, actuar físicamente y seguir una trama, tendrían un efecto en la mayor consecución de esa suspensión de la incredulidad, que a su vez afectaría a la inmersión.

### 2.5.3. *'Magic Circle'*

Karen Collins (2013 p. 44) habla del Magic Circle en su libro: "In the field of game studies, the concept of a separate space in which gameplay exists has drawn on the theory of the 'magic circle' first proposed by Johan Huizinga (1955)."<sup>31</sup> Este círculo mágico sería "a shorthand for the idea of a special place in time and space created by a game. . . . As a closed circle, the space it circumscribes is enclosed and separate from the real world"<sup>32</sup> (Juul como se cita en Collins 2013).

Se trata de un espacio psicológico que rodea al jugador: "The magic circle is a kind of psychological space in which the game exists, and it takes place in the space immediately around us as we play. It becomes a separate zone in which the virtual world dominates".<sup>33</sup> (Collins, 2013). Phillips desarrolla la idea de la existencia de discusiones acerca de la concreción de ese espacio al entrar en juego personajes como el espectador del juego.

Con todo, ese espacio mágico, donde el jugador se ve inmerso, forma sin duda parte del campo de batalla de esta investigación.

---

un entorno mejorado digitalmente"

<sup>31</sup> "En el campo de los estudios de juegos, el concepto de un espacio separado en el que existe el juego se ha basado en la teoría del "círculo mágico" "propuesto por primera vez por Johan Huizinga (1955)".

<sup>32</sup> "Una abreviatura de la idea de un lugar especial en el tiempo y el espacio creado por un juego. . . . Como un círculo cerrado, el espacio que circunscribe está encerrado y separado del mundo real "

<sup>33</sup> "El círculo mágico es una especie de espacio psicológico en el que existe el juego, y tiene lugar en el espacio que nos rodea inmediatamente mientras jugamos. Se convierte en una zona separada en la que domina el mundo virtual".

### 3. GAME MUSIC

#### 3.1. Sonido vs. Música

A diferencia de lo que venía pasando por ejemplo en el mundo de la cinematografía, donde existe una hiperespecialización y clara diferenciación en las diferentes ramas de la producción de la banda sonora; ya viene siendo un hecho común que en el ámbito de la música para videojuegos se tienda a mezclar y poner en un mismo saco al sonido y a la música. Y hay razones para ello, por un lado desde el punto de vista del análisis y funcionalidad del 'Audio' en el videojuego, tal como explica Collins (2013 p. 3), exponiendo las razones que la llevan a hacer esa unificación expresamente: "Game sound in this book refers to all of the sonic aspects of a game — discrete sound effects, ambient sound beds, dialog, music, and interface sounds. In games, these sonic elements are often closely integrated into the experience of play. Although the relationship between these elements may vary depending on the genre or specific mechanics of a game, generally all of these elements contribute to the overall sonic experience that the player enjoys. Therefore, I believe that theorizing about a single auditory aspect without including the others would be to miss out on an important element of this experience, particularly since there is often considerable overlap between them."<sup>34</sup> Huiberts (2010), va incluso más allá al no prestar ninguna atención a la diferenciación entre música y sonido, mezclando los dos mundos indistintamente en su estudio sobre la participación del sonido en la inmersión (tema que trataremos más adelante), como se pone de manifiesto, por ejemplo, en esta afirmación en la que unifica sonido y música en un mismo término: "Sometimes sounds belonging to the Affect domain – mostly in the form of music with simple synthesised tunes – can be found."<sup>35</sup>

En este estudio, sin embargo, nos pondremos más en la línea de autores como Sweet (2015),

---

<sup>34</sup> "El sonido del juego en este libro se refiere a todos los aspectos sonoros de un juego: efectos de sonido discretos, camas de sonido ambiental, diálogos, música y sonidos de interfaz. En los juegos, estos elementos sonoros a menudo están estrechamente integrados en la experiencia del juego. la relación entre estos elementos puede variar según el género o la mecánica específica de un juego, generalmente todos estos elementos contribuyen a la experiencia sonora general que disfruta el jugador. Por lo tanto, creo que teorizar sobre un solo aspecto auditivo sin incluir los otros Sería perderse un elemento importante de esta experiencia, sobre todo porque a menudo hay una superposición considerable entre ellos ".

<sup>35</sup> "A veces se pueden encontrar sonidos que pertenecen al dominio Affect, principalmente en forma de música con simples melodías sintetizadas".

que tratan el fenómeno musical como un campo independiente, dejando de manifiesto esta diferencia, por ejemplo, en esta alusión a los profesionales de otras ramas del sonido (con las que no deja de reconocer una importante relación): "Sound designers and audio directors will also be interested in this text, as it will teach them about music techniques and explain how those techniques relate directly to their own fields. By better understanding how music engines work, they'll gain a broader perspective on the entire sonic landscape that makes up the game. In addition, some of the interactive music techniques can be applied directly to sound design. (Sweet, 2015 p. 40)"<sup>36</sup>

Hay múltiples principios del 'audio' en los videojuegos (como término genérico que engloba sonido y música), de interés para este trabajo, que son compartidos por todas las ramas de la creación sonora. Pero siendo esta una investigación que quiere centrarse en la influencia que la música puede tener en el estado de inmersión del jugador, nos centraremos en la aplicación de esos principios a la música específicamente, dejando de lado lo que se refiere al Diseño sonoro (siempre que no tenga que ver con la propia composición musical), la postproducción sonora o los efectos de foley.

### **3.2. Música en la imagen**

Visto el contexto en el que nos movemos y dado que ésta se trata de una investigación sobre la música en un medio audiovisual, vale la pena empezar por analizar algunas bases teóricas de cómo funciona la música al conectarla con la imagen.

#### ***3.2.1. Lenguaje multimodal***

En el contexto audiovisual, se habla de experiencia multimodal de la música cuando intervienen más de un modo sensorial (visión, audición y acción) como describe Collins (2013 p. 22). O más genéricamente, la experiencia multimodal puede darse en cualquier entorno expresivo, siempre que se combinen más de un canal expresivo: "Un discurso es multimodal

---

<sup>36</sup> "Los diseñadores de sonido y directores de audio también estarán interesados en este texto, ya que les enseñará técnicas musicales y les explicará cómo esas técnicas se relacionan directamente con sus propios campos. Si comprenden mejor cómo funcionan los motores musicales, obtendrán una perspectiva más amplia de todo el paisaje sonoro que compone el juego. Además, algunas de las técnicas musicales interactivas se pueden aplicar directamente al diseño de sonido. (Sweet, 2015, p.40) "

porque está integrado por más de una forma de expresión semiótica (D'Angelo et al., 2009)".

Ha sido de interés en la psicología experimental el estudio de las interacciones entre modalidades sensoriales, y las "jerarquías entre sentidos cuando proveen información contradictoria". En el caso de la música y la imagen en el film, por ejemplo, según Vines et al. (como se cita en Gustems & Calderón, 2014) "La información visual y auditiva pueden reforzarse mutuamente, contradecirse o modificarse una a la otra" dando lugar, pues, a un mensaje completado, enriquecido, y combinado. Como describen Gustems y Calderón (2014), tanto la imagen afecta a la experiencia musical (por ejemplo en la experiencia de la música en directo, que se ve enriquecida al hacer atención a gestos y expresiones de los artistas), como también la música afecta a la imagen, por ejemplo en el cine, debido a una asimetría cerebral y al hecho de que la información auditiva se percibe antes que la sonora (este es un hecho que se conoce muy bien en el entorno de la creación de bandas sonoras desde sus tiempos iniciales, donde para crear la ilusión de sincronía se desplazaba la imagen unos frames con respecto al sonido). Davis (1999) resume el fenómeno de la multimodalidad en el lenguaje audiovisual así: "music and drama can be separated into independent entities, but their combination as a whole is greater than the sum of their individual parts."<sup>37</sup>

Walter March (como se cita en Collins, 2013), por su lado, definía este proceso como 'conceptual resonance', "a phenomenon which occurs between image and sound: the sound makes us see the image differently, and then this new image makes us hear the sound differently, which in turn makes us see something else in the image, and so on."<sup>38</sup>

Chion (1993 p. 12) acuña el término 'valor añadido' como "el valor expresivo e informativo con el que un sonido enriquece una imagen dada" . Un efecto muy interiorizado y tan naturalizado en el espectador, que permite incluso llegar hasta el punto de que ese sonido, que en realidad está dando una información crucial que completa el significado de la imagen en la mente del espectador, sea asimismo considerado superfluo por la misma persona que lo está

---

<sup>37</sup> "la música y el teatro pueden separarse en entidades independientes, pero su combinación en su conjunto es mayor que la suma de sus partes individuales".

<sup>38</sup> "un fenómeno que ocurre entre imagen y sonido: el sonido nos hace ver la imagen de manera diferente, y luego esta nueva imagen nos hace escuchar el sonido de manera diferente, lo que a su vez nos hace ver algo más en la imagen, y así sucesivamente".

escuchando, de manera que en su consciencia se trata de un detalle añadido sin importancia que podría ser prescindible. No se da cuenta el espectador de la importancia subliminal que tiene la información sonora en el conjunto de la pieza audiovisual, de su valor añadido.

Para Chion, en el caso de la música, esta relación sonido-imagen conforma un lenguaje audiovisual que se materializa de dos maneras: ‘música empática’, donde la música "expresa directamente su participación en la emoción de la escena" y por otro lado la música ‘anempática’, en lo que sería "una indiferencia ostensible ante la situación, progresando de manera regular, impávida e ineluctable, como un texto escrito. y sobre el fondo mismo de esta ‘indiferencia’ se desarrolla la escena, lo que tiene por efecto, no la congelación de la emoción sino, por el contrario, su intensificación, su inscripción en un fondo cósmico." Esto nos viene a sugerir una conexión muy directa entre la música y las emociones, la cual trataremos en detalle más adelante.

### ***3.2.2. Schizophonia y síncrexis***

Collins, (2013 p. 19) describe la capacidad que brinda la tecnología actual, con aparatos capaces de grabar y reproducir sonidos separados de la imagen o cuerpo que los crea, de separar el sonido de su fuente con el término ‘schizophonia’, atribuido a R. Murray Schafer (como se cita en Collins, 2013 p. 19). El término, con una connotación de patología o ansiedad, viene a mostrar que esta separación es un procedimiento antinatural que provoca un efecto más bien desagradable o por lo menos especial, como ocurriría por ejemplo en la radio a tenor de lo descrito por Whiteherad (1991) (como se cita en Collins, 1993 p. 20): "The circularity of cutting into/casting out radiobodies gives radio performance an inescapable post-mortem quality"<sup>39</sup>. Para otros, en cambio, lejos de ser un ‘desmembramiento’ antinatural y sórdido de ese sonido, la capacidad de esconder la imagen generadora del sonido, supone una oportunidad de crear nuevos paradigmas del lenguaje audiovisual, como el fenómeno descrito por Corbett ‘fetishistic audiophilia’ (como se cita en Collins, 1993 p. 19), que describe un recurso estético utilizado en la cultura popular actual, de ocultar la fuente de la voz y su imagen y dejar que el oyente haga su propio montaje visual, experiencia en la que regodearse y disfrutar dando

---

<sup>39</sup> "The circularity of cutting into/casting out radiobodies gives radio performance an inescapable post-mortem quality"

rienda suelta a la imaginación. Con esto se crea una "disyunción audio-visual" descrita también por Corbett (como se cita en Collins, 1993 p. 19), proceso fantástico o experiencia recreativa que ocurre cuando se intenta llenar ese espacio vacío dejado por la ausencia de la imagen real con los materiales de referencia aportados por el arte del disco o videoclip.

Collins, por su parte, habla de que en nuestra mente no se termina de separar nunca el sonido de su fuente. Incluso cuando hablamos de una sola modalidad de la audición, el sonido en sí mismo siempre es multimodal, porque trae a la memoria asociaciones de imágenes y otras memorias que completan la información. (Collins, 2013 p23). Leman (citado en Collins 2013) ,corroborra este extremo ya que "la música desarrolla actividad de todo el cuerpo, mueve el cuerpo, evoca respuesta emocional, genera asociaciones con espacios y texturas". La propia Collins, en un experimento suyo, concluye que los sonidos percutivos están semióticamente cargados de referencias a otras modalidades. Cox (citado en Collins, 2013 p. 23) comenta que los sonidos que menos nos gustan es por asociaciones a las acciones que nos evocan esos sonidos.

Más allá de las cuestiones que provoca esta escisión entre sonido e imagen, este hecho ha sido aprovechado y explotado en el lenguaje audiovisual en un procedimiento contrario al anterior, llamado 'síncresis', fenómeno descrito por CHION (1993, p56) como "la soldadura irresistible y espontánea que se produce entre un fenómeno sonoro y un fenómeno visual momentáneo cuando éstos coinciden en un mismo momento, independientemente de toda lógica racional.", dando lugar a un nuevo significado a esa imagen, que trasciende en muchos casos al significado que tendría por sí sola la imagen o el sonido en sí para acercar nuevas connotaciones y aspectos del elemento audiovisual.

### ***3.2.3. Acusmática y diégesis***

Una de las particularidades de la unión de la música con la imagen es la posibilidad de quitar de la vista la imagen de la 'fuente' de una música. Escuchar una música sin ver la fuente que la causa. Chion (1993 p. 62), define el término como 'Acusmática', como la "música realizada y escuchada sobre soporte de grabación en ausencia, voluntaria y fundadora en este caso, de las causas iniciales de los sonidos y de su visión". Como explica Chion, el lenguaje

cinematográfico ha utilizado el recurso de utilizar música visualizando su fuente, que se 'acusmatiza' al dejar de verse esa fuente o viceversa, creando distintos efectos como el suspense, en el segundo caso.

En un plano más amplio, existe en música para imagen, el concepto de Diégesis. Comprendiendo la música diegética como la música que supuestamente se está generando en el plano de la historia que se ve en pantalla (se esté visualizando o no en ese momento), y la música extradiegética la música que suena sincrónicamente, pero que va ligada al espacio narrativo/expresivo de fuera de la imagen que se está viendo (y el mundo que se está describiendo) en pantalla. Chion (1993 p. 68), asocia la música no diegética a la subjetividad y la diegética a la objetividad, usando los términos "música de foso" y "música de pantalla" respectivamente.

En todo caso, esta diferente utilización y distinción de la utilización de la música en el film supone un recurso cargado de connotaciones y usos que permiten a la música establecer su función tan ligada a la narrativa y descriptiva de emociones por un lado y su función ambiental o incluso decorativa o descriptiva de una situación o contexto por el otro.

### **3.3. Música e Interactividad**

Al añadir el aspecto interactivo en la ecuación, se añade una complejidad a todos los niveles. Se ha discutido la necesidad de formular nuevas teorías que se adapten a este entorno, donde se hace difícil sentar bases teóricas sobre la experiencia de sonido interactivo, donde existe tanta variedad de experiencias.

Quizá un hecho claramente diferenciador, como sugiere Collins (2013 p. 4) es que en la interactividad el oyente no escucha el sonido, sino que interactúa con él. Este hecho rompe el esquema de linealidad observado en la transmisión de información típica del film o otras formas de arte, en la que siempre queda clara la direccionalidad de la transmisión del mensaje en el espacio temporal.

### **3.3.1. Multimodalidad**

Considerar la experiencia interactiva requiere tener en cuenta la dimensión ampliada de multimodalidad, y con ello las interacciones de los diferentes modos de expresión entre ellos, que pueden generar complejos resultados, que pueden ser difíciles de predecir, o incluso contraproducentes, llevando a una sobrecarga o saturación de información para el jugador: "multiple modalities can also increase cognitive load."<sup>40</sup> (Collins, 2013 p. 30). Hecho comprobable en 'The Stroop Task', test psicológico que enseña como la multimodalidad en la interactividad puede interferir en el procesamiento. Si la información es incongruente, empeora el tiempo de respuesta.

### **3.3.2. Sonido Autoproducido**

En cierta manera, en el entorno interactivo quizá el hecho paradigmático es que el jugador puede convertirse a la vez en el receptor y el emisor de un mensaje (por ejemplo haciendo alguna acción que provoque un sonido, el cual terminará también por escuchar y al que quizá también reaccionará), Collins (2008 p. 170): "The traditional semiotic chain of communication from transmitter (the composer/sound designer) to channel (the sounds) to receiver (the audience) is disturbed in games by the interplay between the player and the audio. In some cases, the player becomes a cotransmitter, and therefore, just as the audio in games is nonlinear, it may be worth considering the communication chain as also nonlinear, perhaps in a more circular fashion in which the receiver plays a more active role"<sup>41</sup>. Este 'bucle comunicativo', toma mucha relevancia en este trabajo, ya que se pretende ahondar en ese fenómeno, siendo además, como veremos, el sistema parasimpático del individuo el que pudiera ser el emisor inconsciente del mensaje....

---

<sup>40</sup> "múltiples modalidades también pueden aumentar la carga cognitiva".

<sup>41</sup> "La cadena semiótica tradicional de comunicación desde el transmisor (el compositor / diseñador de sonido) hasta el canal (los sonidos) y el receptor (la audiencia) se ve perturbada en los juegos por la interacción entre el jugador y el audio. En algunos casos, el jugador se convierte en un cotransmisor, y por tanto, así como el audio en los juegos no es lineal, puede valer la pena considerar la cadena de comunicación como también no lineal, quizás de forma más circular en la que el receptor juega un papel más activo".

Si bien es una idea compleja de realizar y observar, en el mundo real ya estamos acostumbrados a escuchar sonidos producidos por el propio cuerpo o bien por un movimiento corporal. Estos sonidos nos proporcionan ‘feedback’ del mundo en el que vivimos. Desde pequeños utilizamos esta información sonora para saber si algo es parte de nosotros o externo a nosotros.

En el juego, los sonidos que son generados se experimentan como sonidos propios del jugador (Collins, 2013 p. 44). Esos sonidos ayudan a los jugadores a identificarse con su personaje. En este contexto, un sonido que sea incongruente puede muy fácilmente ser muy distractores. En este momento es interesante preguntarse qué pasaría si fueran sonidos creados inconscientemente: es decir, por una parte serían incongruentes, ya que el jugador no conocería el origen de ese sonido conscientemente, pero por otra sería una manera interesante de interactuar con una parte de la persona que, aunque quizá no evidente, también es presente, la respuesta emocional.

### ***3.3.3. Escuchar el sonido interactivo***

En investigaciones recientes sobre relación del sonido y la imagen se toma en cuenta las asociaciones corporales con el producto mediático, el ‘esquema postural’, sugiriendo un cúmulo de sensaciones y acciones y predisposiciones corporales ligadas a lo que ve el jugador en pantalla. Llamando ‘cinestésico’ a la experiencia neuronal donde se confunden e integran los inputs sensoriales. Esto, se ha hecho siempre con cierta centricidad de lo ocular, olvidándose de lo sonoro. Collins (2013) utiliza el término "embodied cognition approach" para describir esa función que toma lo corporal en la experiencia interactiva.

El fenómeno de las neuronas ‘espejo’ toma también relevancia en este contexto: "El mismo número y tipo de neuronas se activan ya sea que hagamos o imaginemos una acción" (Kohler, Keysers, Alessandra, Umiltà, Gallese, and Rinaldi como se cita en Collins, 2013 p. 39). Estas neuronas, también conocidas como Ghandi Neurons, por el hecho de que disuelven la barrera entre uno y otro individuo (Ramachandran como se cita en Collins, 2013), al responder estas neuronas de igual manera cuando pinchan a un compañero de habitación que cuando le

pinchan a uno mismo, por ejemplo.

Todo esto permite comprender el uso por Collins (2013 p. 32) y otros autores del concepto de 'Síncresis kinesónica' para explicar cómo en la interactividad el sonido ya no completa el significado de la imagen, sino que se extiende a la acción. De manera que se crearán en el juego unos significados producidos por el sonido combinado con una acción, significados enriquecidos que luego pueden ser evocados de nuevo sin la participación de una de las partes.

Este sonido interactivo toma la forma, en ocasiones, de informador jugando también con la repetición (que permite al jugador 'aprender' la conexión entre la acción u el sonido): "repeatability of events is one of the key elements in sound' s ability to provide feedback to the player." (ibidem)<sup>42</sup>

Mientras que Chion (1993) había descrito tres modos de escucha de la música (causal: al buscar el origen causante de la música, semántica: al buscar un significado contenido en el sonido o música y reducida: al escuchar las propiedades acústicas de la música), David Huron (como se cita en Collins, 2013) describe tres nuevos modos que se dan en el entorno interactivo: 'signal listening', escucha en estado activo a la espera de una señal, 'sing-along listening', que implicaría hacer un seguimiento mental de lo que se está escuchando y 'retentive listening', cuando se hace un esfuerzo por ser capaz de reproducir lo que se está oyendo. Ciertamente, son maneras de escuchar que no son ajenas por ejemplo a la escucha profesionalizada del músico. Pero sí pueden ser nuevas para un público general usuario de los videojuegos por ejemplo. Vemos en este caso, un ejemplo de razón por la cual a veces se ha querido distinguir el 'oyente medio' del 'oyente músico', en ciertos estudios como veremos más adelante.

### **3.4. Función de la música en el videojuego**

Esta variedad de modos de escucha interactiva se relaciona con las distintas funciones que

---

<sup>42</sup> "La repetibilidad de los eventos es uno de los elementos clave en la capacidad del sonido para proporcionar retroalimentación al jugador".

tiene la música y el sonido en el videojuego.

Michael Sweet, (2015 p. 57) explica los tipos de música que encontramos en los videojuegos; diegética, extradiegética, música como 'Gameplay' (música generada en tiempo real, mientras se juega y como respuesta a las acciones tomadas por el jugador). Por otro lado, Sweet (. p65) también categoriza las funciones de la música en el Juego de la siguiente manera: "set the scene, Introduce Characters, Signal a change in game state, Increase or decrease dramatic tension, Communicate an event to the player, emotionally connect a player to a game, enhance narrative and dramatic story arcs."<sup>43</sup>

Volk (2016 p. 9), hace referencia al estudio de Huiberts & van Tol (2008), donde se generaliza la función del audio en los juegos en dos grupos: "two main perspectives on the expression of in-game audio aimed at the player's experience: 1. Audio used for optimizing game play: helping the player to play the game by providing necessary gameplay information; serves usability. 2. Audio used for dynamizing game play: making the gameplay experience more intense and thrilling"<sup>44</sup>. Por un lado una parte de comunicación de información al jugador y la otra claramente dirigida a mejorar la experiencia subjetiva. Esto coincide con la visión de Summers (2011): "Two generic levels are active in video game music: 'interactive genre' (the type of game/interactive mechanism) and 'environmental genre' (the 'setting' of the game). The interaction between these levels produces the game's music."<sup>45</sup>

R. Stevens, D. Raybould (2014 p. 166) determinan la concurrencia entre música y narrativa del juego haciendo una gradación que va desde música que detalla la acción que está ocurriendo en ese momento, la música que describe la emoción descrita en pantalla, la música que describe la

---

<sup>43</sup> "preparar el escenario, presentar personajes, señalar un cambio en el estado del juego, aumentar o disminuir la tensión dramática, comunicar un evento al jugador, conectar emocionalmente a un jugador con un juego, mejorar los arcos narrativos y dramáticos de la historia".

<sup>44</sup> "Dos perspectivas principales sobre la expresión del audio en el juego orientadas a la experiencia del jugador: 1. Audio utilizado para optimizar el juego: ayuda al jugador a jugar proporcionando la información necesaria sobre el juego; sirve para la usabilidad. 2. Audio utilizado para dinamizar el juego jugar: hacer que la experiencia de juego sea más intensa y emocionante "

<sup>45</sup> "Hay dos niveles genéricos activos en la música de los videojuegos:" género interactivo "(el tipo de juego / mecanismo interactivo) y" género ambiental "(el" escenario "del juego). La interacción entre estos niveles produce la música del juego".

emoción general situada en el contexto amplio de la narración de la historia, y finalmente música que deliberadamente va en contra de lo que se está explicando o la emoción descrita en la imagen. Llamandolas "Mickey mousing, empathetic, Narrative and anempatehtic" respectivamente, tomando los conceptos descritos por Chion (1993).

### **3.4.1. Música dinámica, adaptativa o interactiva**

Collins (2008 p. 139) diferencia tres términos para la interactividad en el sonido: 'Audio interactivo' (sonidos que reaccionan a el input directo del jugador, 'Audio adaptativo' (sonido que reacciona a los cambios de estado en el juego, y a varios parámetros del juego), 'Audio dinámico' (sería el audio que cumple las dos funciones anteriore). Koji Kondo define a su vez cuatro componentes que debe tener la música dinámica: "the ability to create music that changes with each play-through; the ability to create a multicolored production by transforming themes in the same composition; the ability to add new surprises and increase gameplay enjoyment; and the ability to add musical elements as gameplay features."<sup>46</sup> (Collins 2008).

Cuando hablamos de música dinámica, se definen varias formas de variar la música para adaptarse a la interactividad y al juego, Collins (2008 p. 148): "Variable tempo. 2. Variable pitch 3. Variable rhythm/meter (time signature) 4. Variable volume/dynamics 5. Variable DSP/timbres 6. Variable melodies (algorithmic generation) 7. Variable harmony (chordal arrangements, key or mode) 8. Variable mixing 9. Variable form (open form) 10. Variable form (branching parameter-based music)"<sup>47</sup>

Collins (2008 p. 142) considera que el factor más problemático en la música para medios interactivos es la no linealidad de estos: "The most significant problem facing game composers

---

<sup>46</sup> "la capacidad de crear música que cambia con cada reproducción; la capacidad de crear una producción multicolor transformando temas en la misma composición; la capacidad de agregar nuevas sorpresas y aumentar el disfrute del juego; y la capacidad de agregar elementos musicales como características del juego . "

<sup>47</sup> "Tempo variable. 2. Tono variable 3. Ritmo / métrica variable (tipo de tiempo) 4. Volumen / dinámica variable 5. DSP / timbres variables 6. Melodías variables (generación algorítmica) 7. Armonía variable (arreglos de acordes, clave o modo) 8. Mezcla variable 9. Forma variable (forma abierta) 10. Forma variable (música basada en parámetros de ramificación) "

is the nonlinear basis of games in general."<sup>48</sup> Siguiendo la lógica narrativa de las historias interactivas, con distintos caminos posibles, desenlaces y variables, la música debe, además, ser sensible a cambios en un plano más bajo, como son los estados del juego, o las pequeñas variaciones propias del juego que requieren una respuesta musical, y todavía más complicado es el enlace de un evento musical que se deja a medio camino para cambiar con uno nuevo, sin provocar efectos contrarios para la inmersión del juego: "Moving smoothly from one music cue to another assists in the continuity of a game and the illusions of gameplay, since a disjointed score generally leads to a disjointed playing experience, and the game may lose some of its immersive quality."<sup>49</sup> (ibidem)

Para controlar esto, el sistema utilizado para gestionar la interactividad debe también contar con el estado en el que se encuentra la música que está sonando. (Bjørn & Pedersen 2015 p. 34) lo llaman 'performative Music': "For a truly interactive music, there needs to be a feedback cycle between the game engine and the music state. Rather than simply receiving input from the game and responding accordingly, the game state should receive feedback from the music as to its current position and the time to the next musical transition point"<sup>50</sup> (Stevens & Rayboulds, 2011). La música debe ser también una fuente de información de variables para el motor de juego. Que el juego sepa en qué punto de la música estamos y cuando viene la siguiente transición.

### 3.4.2. Géneros

Los géneros son de gran importancia en los juegos. Es un tema muy relacionado con la parte comercial, segmentación del mercado y gustos de cada persona. Phillips (2014 p. 78), comenta

---

<sup>48</sup> "El problema más importante que enfrentan los compositores de juegos es la base no lineal de los juegos en general".

<sup>49</sup> "Pasar sin problemas de una pista musical a otra ayuda a la continuidad de un juego y a las ilusiones de la jugabilidad, ya que una puntuación inconexa generalmente conduce a una experiencia de juego inconexa, y el juego puede perder algo de su calidad inmersiva".

<sup>50</sup> "Para una música verdaderamente interactiva, debe haber un ciclo de retroalimentación entre el motor del juego y el estado de la música. En lugar de simplemente recibir información del juego y responder en consecuencia, el estado del juego debería recibir comentarios de la música en cuanto a su posición actual y el tiempo hasta el siguiente punto de transición musical "

este hecho: "The study demonstrates a few provocative connections between personality traits and musical styles. The respondents showing the highest level of introversion were also most likely to enjoy the Rock category, whereas those who were scored to be outgoing extraverts were most likely to enjoy Urban and Pop/Dance styles. People who showed the most eagerness to embrace new experiences were also likely to enjoy both Rock and Elite music. The respondents who tended to think ahead and avoid spontaneous action were also likely to enjoy the Elite musical style. Those people whose temperaments led them to think often of the welfare and feelings of others were likely to enjoy the widest range of music, including Urban, Pop/Dance, and Elite"<sup>51</sup>

Segun Phillips (2014 p. 79) actualmente estos son los géneros de videojuegos existentes: "Shooters, Platformers, Adventure, Role-Playing, Survival Horror, Racing, Simulations and Life Sims, Strategy, Puzzle, Fighting, Stealth"<sup>52</sup>. En un análisis de los géneros musicales tradicionalmente asociados a los gustos musicales, Phillips concluye: "Player personalities can never be considered static, nor can genre divisions and traits of music ever be chiseled in stone."<sup>53</sup>

### ***3.4.3. Música e inmersión***

Collins (2013) utiliza el concepto de 'magic circle' para describir ese espacio psicológico donde el juego existe, más allá de lo que se ve en la pantalla, observando un inconveniente a esa idea: se basa en una concepción muy 'ocularcéntrica'. Si nos vamos al contexto auditivo se

---

<sup>51</sup> "El estudio demuestra algunas conexiones provocativas entre los rasgos de personalidad y los estilos musicales. Los encuestados que mostraron el nivel más alto de introversión también fueron más propensos a disfrutar de la categoría Rock, mientras que aquellos que fueron calificados como extrovertidos fueron más propensos a disfrutar de Urban y Pop / Estilos de baile. Las personas que mostraron más entusiasmo por abrazar nuevas experiencias también probablemente disfrutaron de la música Rock y Elite. Los encuestados que tendieron a pensar en el futuro y evitar la acción espontánea también probablemente disfrutaron del estilo musical Elite. Aquellas personas cuyo temperamento les llevó a pensar a menudo en el bienestar y los sentimientos de los demás que probablemente disfrutarían de la más amplia gama de música, incluida la música urbana, pop / dance y elite "

<sup>52</sup> "Juegos de disparos, plataformas, aventura, juegos de rol, terror de supervivencia, carreras, simulaciones y simuladores de vida, estrategia, rompecabezas, lucha, sigilo"

<sup>53</sup> "Las personalidades de los jugadores nunca pueden considerarse estáticas, ni las divisiones de género y los rasgos de la música se pueden grabar en piedra".

observa que en el videojuego, la acción ocurre en la pantalla y más allá: en el espacio peripersonal periférico. El pequeño trozo de 'mundo virtual' que se ve en pantalla no es la limitación de lo que está ocurriendo en el juego, puesto que existe un mundo más amplio donde toman lugar la acción y la interacción, y eso se debe a la capacidad que tiene el jugador de controlar el movimiento de la cámara en el videojuego, decidiendo lo que entra o no en el campo de visión, a qué área se acerca, etc.

Esa experiencia inmersiva de la que hablábamos al principio de este estudio ocurre, pues, más allá de la imagen y la pantalla y se extiende al mundo de los periféricos de control (mando controlador, teclado, ratón), y también a los sonoros (fuente de sonido, altavoces, auriculares). En el terreno del audio, la experiencia inmersiva se ve mejorada por sistemas surround y audio inmersivo (Collins, 2013 p. 43).

Existen antecedentes en los videojuegos comerciales en las que se ha experimentado con la ampliación del espacio de juego, como los 'Wii Controllers'<sup>54</sup>, que tienen un papel de refuerzo y extensión del espacio peripersonal del videojuego. El periférico 'Wii Remote' tiene un altavoz pequeño, que extiende el espacio sonoro incluso más cerca de las acciones del jugador. Un ejemplo de esto es el juego *The legend of Zelda. Twilight princess (2006)*. Los sonidos que emanan del controlador que son una "extensión del juego en el mundo y del mundo en el juego", Collins (2013 p. 48).

En todo esto se observa que la mayor parte del sonido del videojuego es sonido que se podría tildar de Acusmático (si bien ciertos autores lo llamarían simplemente no diegético), ya que el sonido viene de distintos focos que quedan 'escondidos' a lo que se ve en pantalla, añadiendo información y significado no ya a la imagen, sino a la experiencia. Pero por otro lado también se hace necesario acotar la información ofrecida por las distintas fuentes de sonido para no caer en el efecto 'Exit sign' y hacer peligrar el efecto inmersivo, como describe Collins (2013 p. 46) "Named by film sound designer Ben Burtt, the exit-sign effect refers to a phenomenon that relates to discrete sounds that are placed in the rear surround loudspeakers. Pans of fast-moving sounds to the left or right of the screen boundaries lead the viewer's eye to follow the sound

---

<sup>54</sup> Wii, sistema interactivo producido por Nintendo (<https://www.nintendo.es/Wii/Wii-94559.html>), compuesto por consola y diferentes controladores.

through the acousmatic space and toward the theater's exit signs at the side of the cinemas. Some listeners argue that in games in which players can turn their characters around to see what caused those sounds, such discrete sounds in the rear surround speakers can take the player out of the immersive experience."<sup>55</sup>

Collins (2013) considera por ejemplo que es necesario también poner atención en la representación del espacio en el medio audiovisual. En los videojuegos, la perspectiva es fundamentalmente distinta a la de el cine, por ejemplo, porque el usuario suele tener algún control sobre la parte visual y la parte auditiva, “tanto la distancia real del emisor en el espacio virtual como la distancia del oyente se deben tener en cuenta para crear una perspectiva auditiva. (...) esta perspectiva es importante para dar forma a la percepción que tiene el jugador sobre el juego y aporta los medios para que el jugador se identifique con el carácter o objetos del juego.” Esto se traduce en un uso coherente de los efectos sonoros que permiten situar la fuente sonora en el espacio sonoro (panoramización, delays, reverberación, etc), lo cual redundando en el efecto inmersivo, como veremos ahora.

Sobre esto Aki Järvinen (como se cita en Collins, 20013 p. 49) se refiere a ‘punto de percepción’, más que a punto de vista en lo juegos, refiriéndose a la posición auditiva desde la que el jugador percibe el juego. Contradiendo a lo que suele ser un pensamiento común, de que la perspectiva es la misma entre el reino auditivo y visual comenta: "En muchos casos hay múltiples puntos simultáneos de percepción y no siempre son sincrónicos desde el punto de vista auditivo", como es el caso de un juego en el que se da opción a elegir entre distintas perspectivas visuales (vista en la persona viendo lo que vería el personaje, vista aérea de la acción, vista desde detrás del personaje, etc), donde se cambia la perspectiva visual pero se mantiene la perspectiva auditiva.

---

<sup>55</sup> "Nombrado por el diseñador de sonido de la película Ben Burtt, el efecto de 'señal de salida' se refiere a un fenómeno que se relaciona con los sonidos discretos que se colocan en los altavoces envolventes traseros. Paneles de sonidos que se mueven rápidamente a la izquierda o derecha de los límites de la pantalla guían al espectador El ojo para seguir el sonido a través del espacio acústico y hacia las señales de salida del teatro al costado de los cines. Algunos oyentes argumentan que en los juegos en los que los jugadores pueden girar a sus personajes para ver qué causó esos sonidos, esos sonidos discretos en los altavoces de sonido envolvente traseros puede sacar al reproductor de la experiencia de inmersión ".

Sobre esto se ha argumentado que el punto de vista de primera persona es el más inmersivo, ya que esta perspectiva es la más cercana al punto de vista subjetivo natural. Mark Grimshaw (como se cita en Collins, 2013 p. 49) sugiere que la ventaja de esta perspectiva es que se puede usar la cámara para dar info del estado del personaje, donde si el personaje se emborracha o envenena, la cámara se agita o se ve nublada.

De todo esto se puede deducir que el sonido tiene, por sí solo, capacidad para afectar en inmersión tanto positivamente como negativamente si no se trata con especial atención, como cita en Huiberts (2010 p. 50): "Since audio, alongside the visuals, plays such a fundamental role in the game experience, it can safely be assumed that game audio can influence the degree to which players are (becoming) immersed."<sup>56</sup>

¿Qué papel puede tener en esta capacidad la música en sí misma? Collins (2013) afirma que la identificación con un personaje de un juego es mayor si hay integración multimodal. Es decir, sentimientos de empatía, afinidad, similaridad. En esto tiene un papel destacado la música.

Para explicar esto, Phillips (2014) escribe que "la música profundiza la experiencia de juego" y cita un artículo de Cairns and Brown (2004) que describe tres niveles en el proceso para conseguir la perfecta inmersión en un videojuego: "Engagement, Engrossment and Total immersion". En cada uno de estos niveles se detallan algunos elementos o condiciones que se tienen que dar para superar ese nivel y pasar al nivel siguiente, llegando finalmente a la inmersión total. Phillips describe las aportaciones que puede hacer la música para ayudar a que se den esas condiciones, que son también descripciones de la funcionalidad de la música en el videojuego.

En el primer nivel, 'Engagement', es importante la tranquilidad emocional inicial. Donde la música puede ayudar: "[music should] create an impressive initial statement of the game's musical identity. We certainly want to communicate to the player that the game will be exciting and fun, but considering that some players may be feeling a bit dazed, we don't want to scare

---

<sup>56</sup> "Dado que el audio, junto con las imágenes, juega un papel fundamental en la experiencia del juego, se puede suponer con seguridad que el audio del juego puede influir en el grado en que los jugadores se están (volviendo) inmersos".

them any further"<sup>57</sup> (Phillips, 2014 p. 42). También la ‘asistencia Navigacional’, para evitar que eventos del juego o el paso del tiempo puede despistar al jugador de los objetivos y motivación del juego, con lo cual se intenta evitar este tipo de interrupciones con distintas estrategias. La música suele usar el método de la ausencia de música, con el que se pretende que el jugador entienda la necesidad de avanzar en la historia viéndose apartado de la acción del momento o captando un vacío en la zona. O la insinuación musical, con el uso de motivos al apuntar hacia una zona o entrar en una pantalla, indicando que ahí hay interés para el juego.

Phillips argumenta que un equilibrio entre la frustración y la estimulación es de suma importancia para la inmersión. La música puede ayudar a que el jugador tenga siempre claro el estado del juego y las acciones requeridas en cada momento. Identificar los estados de ‘Gameplay’ es crucial (por ejemplo combate y exploración, etc...).

Por fin la ‘percepción temporal’. Cairns y Brown (como se cita en Phillips 2014): "la voluntad de invertir tiempo en un juego es un factor crucial para conseguir compromiso". Para Phillips, la música puede y debe afectar en la percepción del tiempo invertido, referenciando un artículo de James y Kellaris a propósito de la alteración de la percepción del tiempo, la música ha demostrado ser capaz de hacer parecer que el tiempo va más despacio si utiliza el modo mayor o más rápido si es el menor o atonal. El volumen también puede hacer lo mismo (a más volumen, más lento), así como el tempo (tempo rápido, percepción de más tiempo discurrido). "The phenomenon of music is given to us with the sole purpose of establishing an order of things, including, and particularly, the coordination between man and time"<sup>58</sup> (James y Kellaris como se cita en Phillips 2014).

En segundo nivel, ‘engrossment’ (absorción): es importante por un lado la experiencia fuerte de percepción visual (‘Strong visuals’). Queda demostrado en varios estudios de los que hablaremos más adelante, que la percepción de la emoción y la imagen puede verse afectada por la música, esto indica para Phillips la necesidad de que haya una combinación perfecta

---

<sup>57</sup> "[la música debería] crear una declaración inicial impresionante de la identidad musical del juego. Ciertamente queremos comunicarle al jugador que el juego será emocionante y divertido, pero considerando que algunos jugadores pueden sentirse un poco aturdidos, no queremos para asustarlos más"

<sup>58</sup> "El fenómeno de la música se nos da con el único propósito de establecer un orden de cosas, incluyendo, y particularmente, la coordinación entre el hombre y el tiempo"

entre la intencionalidad emocional de los artistas visuales en el juego y la composición musical, lo que si no se hiciera podría afectar cancelando la intencionalidad emocional de una obra concreta. Por lo tanto, la música sí puede afectar a la percepción de ‘strong visuals’: "Music can have a profound effect on the mood of the listener, and a change in mood can affect not only what is visually noticed, but also how much visual detail can be perceived."<sup>59</sup> (Phillips 2014). También se ha demostrado que la música afecta a la percepción del campo visual, que se amplía si daban buenas sensaciones iniciales (Schmitz, De Rosa & Anderson como se cita en Phillips 2014). Quizá esto pueda llevar a la conclusión de utilizar música triste para focalizar la atención y alegre para ampliar el campo de interés.

En el nivel de ‘absorción’ también es importante generar ‘tareas interesantes’, tareas que llamen la atención del jugador. Según Phillips, también la música puede ayudar en esto, ya que escuchar música "acrecienta la calidad del trabajo y disfrute de los trabajadores" (Leisuk como se cita en Phillips 2014). "The reasoning behind this effect is that when listening to exciting music that we find enjoyable, our focus becomes sharper and our mood improves, leading to better intellectual performance."<sup>60</sup> Está demostrado que las tareas pueden resultar más interesantes con el efecto de la música: (Estrada, Isen, and Young 1994) y (Karageorghis and Priest 2008) y ello muchas veces es debido al "uso de estilos musicales divertidos y alegres" (Phillips, 2014 p. 48).

El último paso en el nivel de absorción es ‘Compelling Plot’. Según Phillips, parece que un juego sin argumento podría llevar al jugador al estado de flow, pero el concepto de inmersión requiere de un argumento sólido. El argumento y los personajes tienen que parecer "reales", creando un mundo plausible. Gracias a la música se puede mejorar esa experiencia: "research has also shown that music can have a dramatic effect on the understanding and appreciation of plot."<sup>61</sup> Como se demuestra en un estudio de Bullerjahn & Gldenring (como se cita en

---

<sup>59</sup> "La música puede tener un efecto profundo en el estado de ánimo del oyente, y un cambio en el estado de ánimo puede afectar no solo lo que se nota visualmente, sino también la cantidad de detalles visuales que se pueden percibir".

<sup>60</sup> "El razonamiento detrás de este efecto es que cuando escuchamos música emocionante que nos gusta, nuestro enfoque se vuelve más nítido y nuestro estado de ánimo mejora, lo que conduce a un mejor rendimiento intelectual".

<sup>61</sup> "La investigación también ha demostrado que la música puede tener un efecto dramático en la comprensión y apreciación de la trama".

Phillips, 2014), en el que se concluye que distintas músicas para un mismo cortometraje pueden alterar la percepción que tienen las personas de las acciones que se describen visualmente, sino también las predicciones de cómo se va a desarrollar el argumento de éste. El compositor, consciente de esto, debe asegurarse de tener una visión general de la narrativa y del sentido que tiene el momento actual en ese contexto. Esta visión, transmitida en su música, puede ayudar al jugador a tomar consciencia de la historia en la que está participando y por lo tanto mejorar la experiencia del argumento. Esto se puede conseguir con herramientas compositivas como los leitmotifs o el uso de la instrumentación descriptiva.

Phillips (2014) nos recuerda que que la música mejora la ‘suspensión de la incredulidad’ y por eso puede incrementar la eficiencia de la narrativa: "thus strengthen the effectiveness of the storyline, by creating a musical atmosphere that reflects both cultural and environmental authenticity."<sup>62</sup> Y también considera que para este aspecto funcional, entra en juego la música diegética. "When composing a musical score that strives to convey a sense of cultural and environmental authenticity, we are adapting principles of source music into the body of the score." (ibidem.)<sup>63</sup> otorgándole un interesante poder para hacer que el argumento tome realismo y sea más creíble.

Tercer nivel: ‘Inmersión total’: Un nivel muy difícil de conseguir según Phillips, de los cuales Cairns y Brown (Phillips, 2014) definen dos pre requisitos: El primero es la ‘atención’, un tipo de concentración intensa: "The type of attention to which Cairns and Brown are now referring goes beyond passive observation and reaches a more concentrated focus."<sup>64</sup> Esta concentración viene facilitada por un entorno contextual, un ambiente que lo facilita: "The need to pay close attention to the various sensory indicators provided by the game is a crucial prerequisite to total immersion"<sup>65</sup>. En referencia a otros estudios (Morton, 1990 y Sridharan et al., 2007) Phillips

---

<sup>62</sup> "Fortalecer así la efectividad de la historia, al crear una atmósfera musical que refleja la autenticidad tanto cultural como ambiental".

<sup>63</sup> "Al componer una partitura musical que se esfuerza por transmitir un sentido de autenticidad cultural y ambiental, estamos adaptando los principios de la música original al cuerpo de la partitura".

<sup>64</sup>

"El tipo de atención al que ahora se refieren Cairns y Brown va más allá de la observación pasiva y alcanza un enfoque más concentrado".

<sup>65</sup> "La necesidad de prestar mucha atención a los diversos indicadores sensoriales que proporciona el juego es un

también habla sobre la relación entre atención y música. Estos estudios dieron resultados sorprendentes, como la capacidad de los elementos inesperados en la composición musical de crear más atención: "unexpected and unpredictable events in a musical structure have the power to arrest and hold the attention of the listener, and that listener attention peaks highest in the brief pauses between movements of a symphony."<sup>66</sup>

Según esto Phillips argumenta que podría utilizarse la música para "parar" la atención con música con eventos impredecibles, o bien, contrariamente a lo que se piensa actualmente (la creencia entre productores de que es mejor que todos los elementos musicales vayan ocurriendo sin que se noten las transiciones), quizá las pausas entre 'tracks' tendrían potencial para funcionar como estimulante de la atención del jugador? (este es el funcionamiento que tenían los sistemas de música interactiva utilizados en los videojuegos primitivos).

Por último, la 'empatía'. Según Cairns and Brown otro elemento esencial para la total inmersión. El jugador debe mantener una convicción interna de estar involucrado en el juego: "not only an outpouring of pity, but also the inner process of imagining oneself in the same plight."<sup>67</sup> Phillips se plantea si esta capacidad de transmitir la situación del personaje que ofrece la música, realmente se traduce también en una mayor capacidad de empatizar con el personaje. "Can music enable sympathy and compassion, making empathy a more likely reaction?"<sup>68</sup> Apoyándose en un estudio de Rory and Heaton 2010, Phillips parece terminar concluyendo que el proceso en que la música funciona con las emociones es, tal como ella misma resume, un proceso de identificación externa y luego experimentación interna "In short, we empathize with the sad music, and then we feel sad ourselves"<sup>69</sup>. Éste es un tema crucial en la investigación de las emociones en la música, y como veremos más adelante, la conclusión de Phillips parece una afirmación algo osada, si nos fijamos en cuál es el estado de la cuestión acerca de este tema, que se describe más adelante en esta tesis. De todas formas, Phillips

---

requisito previo crucial para la inmersión total"

<sup>66</sup> "Los eventos inesperados e impredecibles en una estructura musical tienen el poder de captar y mantener la atención del oyente, y esa atención alcanza su punto máximo en las breves pausas entre los movimientos de una sinfonía".

<sup>67</sup> "no sólo una efusión de lástima, sino también el proceso interno de imaginarse a uno mismo en la misma situación".

<sup>68</sup> "¿Puede la música generar simpatía y compasión, haciendo que la empatía sea una reacción más probable?"

<sup>69</sup> "En resumen, empatizamos con la música triste y luego nos sentimos tristes"

sugiere abrazar esta idea como compositores de Música para Juegos, para crear así una mayor inmersión. "As composers, we should attempt to create music that focuses on the emotions of the characters with which the player should feel the strongest empathy, outlining those situations that evoke the most intense emotions. Our goal should be to help the player reach that state of emotional empathy that will enable total immersion to take place."<sup>70</sup>

Para concluir, es importante remarcar estas últimas líneas, ya que sugieren un poco la dirección que se va a tomar en esta investigación para analizar la influencia que puede tener la música en la inmersión del videojuego por medio de las emociones. Un papel a mi juicio determinante, y no es raro que aparezca justo en el último eslabón antes de conseguir la llamada ‘inmersión total’.

### **3.5. Organizar la interactividad**

Volk (2016) habla de un importante inconveniente en la música de videojuegos, y es justamente esta complejidad: "Greater level of interactivity requires more flexibility of music; a more granular (note) level control over the music necessary"<sup>71</sup>

La generación de sonido y música que responda a la interacción pasa por considerar una solución tecnológica que permita organizar y automatizar los cambios en la música, de manera que respondan a la interacción (normalmente supuestamente a la acción) del usuario bien cuando ‘interactúa’ con una interfaz o bien cuando indirectamente genera unas acciones que provocan a su vez el cambio.

En un plano más técnico, el diseño de sistemas para responder a la interacción, llamados

---

<sup>70</sup> "Como compositores, debemos intentar crear música que se centre en las emociones de los personajes con los que el intérprete debe sentir la más fuerte empatía, destacando aquellas situaciones que evocan las emociones más intensas. Nuestro objetivo debe ser ayudar al intérprete a alcanzar ese estado de empatía emocional que permitirá una inmersión total ".

<sup>71</sup> "Un mayor nivel de interactividad requiere una mayor flexibilidad de la música; un control de nivel más granular (nota) sobre la música necesaria "

sistemas musicales interactivos, se basa en soluciones técnicas diversas, las cuales han ido evolucionando a través de la historia de los videojuegos y han ido adquiriendo complejidad, capacidad de interacción y adaptabilidad.

### ***3.5.1. Sistemas interactivos de selección musical.***

Una de las soluciones técnicas planteadas desde el principio para adaptar la música a la interactividad es la selección musical. Es decir, disponer de una 'bolsa' de versiones de músicas posibles para una 'pantalla' del juego, una variedad a veces enorme de posibilidades de músicas que podrían ser escuchadas en una misma pantalla, pero organizados y categorizados muchas veces en distintos niveles de acción o de dificultad. El sistema de música interactiva sería el encargado de 'seleccionar' uno de esos audios respondiendo a distintos parámetros del juego o a la acción directa del jugador (como comentábamos, música adaptativa o interactiva).

De la complejidad de estos sistemas de selección depende que el resultado sea más fluido y las transiciones entre un fragmento y otro más o menos imperceptibles.

Michael Sweet (2015 p. 109), define dos técnicas generales de concebir el sistema musical, desde un punto de vista compositivo que, obviamente depende de las posibilidades que brinda la tecnología para que se hagan realidad en el videojuego. Por un lado habla de 'Horizontal Resequencing', término que describe la estrategia de intercambiar secuencias musicales a demanda de las acciones y cambios generados en el juego. El intercambio entre una secuencia y otra puede darse de manera brusca, cortando el sonido para empezar el siguiente. Para evitar cortar las frases musicales con la consiguiente penalización en la inmersión, se utilizó la técnica de posponer el cambio de secuencia hasta que terminara la primera secuencia (que generalmente se trata de un bucle): esto se conoce como 'branching' y era utilizada en los juegos más primitivos. Esta técnica se fue perfeccionando utilizando 'crossfades' para saltar de una secuencia a la siguiente y puede a su vez servirse de pequeños fragmentos musicales usados como nexo entre una secuencia y otra, llamados 'transiciones' (Sweet, 2015 p. 211). Existe en esto una complejidad añadida si consideramos la métrica y la forma musical de las

secuencias, puesto que para conseguir transiciones agradables o imperceptibles no se debe romper la continuidad rítmica del compás y además evitar la posible generación de estructuras compositivas desequilibradas.

Van nispent tot Pannerden et al. (2011). consideran las ventajas de esta técnica: "Some of the advantages associated with horizontal resequencing are considered to be its relatively limited requirements on data storage, the ability of limiting musical repetition and its reasonably fast responsiveness"<sup>72</sup>, siendo la velocidad de respuesta una de las características que la ha hecho más popular.

Por otro lado Sweet (2015) describe también el 'Vertical Remix', que vendría a ser otra técnica muy utilizada de composición por capas que se van añadiendo o silenciando al cambiar de nivel o estado en el juego.

Selección personalizable de música para el videojuego. Las acciones que provocan el cambio de una secuencia a otra o la activación o desactivación de capas se llaman 'triggers', y pueden ser desde una acción del personaje, hasta el paso por un umbral en el nivel, o en la puntuación, o aproximación a un oponente, etc.

También se usan los llamados 'stingers', que, como describe Sweet (2015 p. 232) son: "pequeñas frases musicales, que ensalzan la experiencia de juego sin tener que cambiar de secuencia". Normalmente se trata de un efecto sonoro o percusivo, o un fragmento de efectos armónicos neutros que suena añadido a la secuencia que está activa en ese momento.

### **3.5.2. Procedural content generation**

Descrito por Plans & Morelli (2012), el PCG (Procedural Content Generation), es un sistema que se ha ido implementando como respuesta a las demandas de algunas modalidades de juegos donde se necesita música que reaccione al juego: "composers are now asked to

---

<sup>72</sup>

"Se considera que algunas de las ventajas asociadas con la resecuenciación horizontal son sus requisitos relativamente limitados de almacenamiento de datos, la capacidad de limitar la repetición musical y su capacidad de respuesta razonablemente rápida"

compose not only different versions of the same cue (varying in intensity or instrumentation), but also versions that adapt to changes in player style"<sup>73</sup>. Es interesante cómo el PCG es una respuesta a cómo se percibe la repetición propia de los sistemas musicales interactivos es considerada peyorativa: "If a segment is simply looped, it leads to tedium for the player, a problem acknowledged by Tomas Dvorak, composer of the soundtrack to Machinarium: Soundtrack music has to be more abstract to give space for the image and also to not be annoying if it repeats. (ibidem.)"<sup>74</sup>

Los sistemas de Audio procedural son una propuesta no siempre fácil de realizar, de volver al sistema MIDI<sup>75</sup> como generador de sonido variable en tiempo real. Eso en sí es ya un problema debido a la dirección que ha tomado la producción musical en videojuegos, con grabaciones de alta calidad, que por ahora no pueden emular los sistemas MIDI, sin peligrar la sobrecarga de memoria. Collins (2009 p. 12): "One of the largest fears since the advent of Redhook audio in games in the late 1980s is that a return to MIDI will disappoint audiences who have now grown accustomed to high-quality samples and even live orchestras in games. Although MIDI has advanced considerably in its adoption of the downloadable sound (DLS) specification, there is still a common perception that MIDI means poor -quality music. Another important reason for the lack of adoption is that procedural audio tends to be expensive CPU-wise"<sup>76</sup>

De todas formas, el Audio Procedural parece una forma de superar el concepto de Collins 'listener fatigue'. si se entiende este sistema como: "Procedural music can be defined as

---

<sup>73</sup> "Ahora se pide a los compositores que compongan no solo diferentes versiones de la misma señal (que varían en intensidad o instrumentación), sino también versiones que se adapten a los cambios en el estilo del jugador"

<sup>74</sup> "Si un segmento simplemente está en bucle, genera tedio para el intérprete, un problema reconocido por Tomas Dvorak, compositor de la banda sonora de Machinarium [1]:" La música de la banda sonora tiene que ser más abstracta para dar espacio a la imagen y también a no sea molesto si se repite "[2]".

<sup>75</sup> MIDI (abreviatura de Musical Instrument Digital Interface) es un estándar tecnológico que describe un protocolo, una interfaz digital y conectores que permiten que varios instrumentos musicales electrónicos, ordenadores y otros dispositivos relacionados se conecten y comuniquen entre sí. Swift, (1997).

<sup>76</sup> "Uno de los mayores temores desde la llegada del audio Redhook a los juegos a fines de la década de 1980 es que el regreso a MIDI decepcionará a las audiencias que ahora se han acostumbrado a las muestras de alta calidad e incluso a las orquestas en vivo en los juegos. Aunque MIDI ha avanzado considerablemente en su adopción de la especificación de sonido descargable (DLS), todavía existe una percepción común de que MIDI significa música de baja calidad. Otra razón importante para la falta de adopción es que el audio procedimental tiende a ser costoso en cuanto a CPU "

composition that evolves in real time according to a specific set of rules or control logics" <sup>77</sup> (Collins 2009 p. 13). Estos sistemas pueden ser utilizados en esta tesis, relacionado el 'set of rules' con la observación al individuo y sus estados anímicos.

Para entender cómo es el procedimiento de Procedural Content Generation, Plans y Morelli (2012 p. 193) investigan las posibilidades de la combinación del audio procedural con la composición algorítmica, "Se genera como resultado de un proceso de búsqueda, como un algoritmo evolutivo, que usa una función de 'encaje' para evaluar si es contenido apropiado o no. El contenido candidato se puntúa, se descarta, se mutea y otras generaciones se crean."

Dentro del audio procedural, se ha hecho una distinción entre grados de proceso procedural, Collins (2009 p. 8): Por un lado los algoritmos 'transformacionales' (transformaciones melódicas, rítmicas, etc en la música) y por otro los 'generativos' (generando música a partir de datos recogidos).

El Audio Procedural está en pleno desarrollo y es una herramienta creativa altamente dependiente de la tecnología. Aún así, se pueden encontrar pequeñas aplicaciones o 'plugins' de fácil utilización integrados en las soluciones comerciales de Audio Interactivo que se comentan a continuación.<sup>78</sup>

### **3.5.3. Soluciones / aplicaciones.**

Dada la complejidad técnica que implica la gestión informática de los llamados 'motores de juegos', programas de gestión del diseño informático de los videojuegos, en los que se puede incluir la programación del funcionamiento del sonido de estos sistemas la industria ha hecho un hueco a un tipo de software especializado en cubrir el puente entre la composición y el diseño sonoro y la programación del videojuego. Estos son denominados como 'middleware', Sweet (2015 p. 157): "Middleware is a package of tools and software libraries that facilitate

---

<sup>77</sup> "La música procedural se puede definir como" composición que evoluciona en tiempo real de acuerdo con un conjunto específico de reglas o lógicas de control "

<sup>78</sup> Wwise procedural plugin. <https://www.youtube.com/watch?v=GpsFTD5v774>

game development." Esta solución ha significado un gran avance en la producción de sonido y música para la interactividad. Existen varias opciones comerciales, entre las cuales destacan por su popularidad fmod y Wwise.

Una de las características que diferencian a Wwise y fmod es la versatilidad y estructura flexible que ofrece Wwise. En este estudio será necesario el uso de una plataforma de estas características que pueda recibir información MIDI y reaccionar a ella. Wwise dispone de más control para configurar superficies de control MIDI y por eso parece una opción más viable en este estudio.

#### **4. EL IMPACTO EMOCIONAL**

Estudiando el fenómeno de la música en su relación con la inmersión en el videojuego y la interactividad se hace necesario profundizar en un aspecto complejo y enigmático como son las emociones en la música. Para ello es necesario tomar consciencia de la investigación acerca de psicología perceptiva y lenguaje musical. En general se ha dado mucha importancia al estudio de la percepción musical pero poco a la experiencia de cómo reaccionamos a la música.

Muchas veces es difícil acotar el sentido de afirmar que la música es un 'canal de comunicación de emociones', y en ocasiones se ha puesto en entredicho esta descripción, planteando algunas consideraciones fundamentales que no dejan de ser interesantes, y llegando primordialmente a la conclusión de que en algún sentido la música es, efectivamente, un medio de comunicación de emociones, aunque esto no quiere decir que ésta sea su única y exclusiva función.

En efecto, las emociones no son la única experiencia percibida en el fenómeno musical. "La experiencia Musical implica una serie de características, como las características físicas, conductuales, perceptivas, cognitivas, existenciales y de desarrollo y las emociones solo son una parte" (Juslin, 2010).

La música crea una experiencia singular que se apoya también en la 'experiencia estética' y existe la discusión de qué elementos aportan valor a esa experiencia: la belleza, la expresividad

o la originalidad. Juslin (2010) sugiere que aunque la respuesta emocional puede ocurrir con la respuesta estética, ésta no es obligatoria. Emoción, preferencia y respuesta estética son independientes, y se influyen unos a otros. "an aesthetic response is or should be a 'detached' or 'distanced' consideration of an art object that does not let emotions 'come in the way'. Dice Juslin (a lo que no sé si estoy de acuerdo): "Members of a jury in a piano performance contest repeatedly make evaluations of the aesthetic merit of different interpretations, but the circumstances may not be optimal for experiencing emotions."

Ahora bien, esto no tiene porqué restar valor al papel de las emociones, ya que tal como sigue Juslin, "al haber emociones, éstas contribuyen dando más profundidad a la experiencia musical".

#### **4.1. Emociones en la música y la investigación**

Es indiscutible, y una cuestión de gran calado popular, que la música tiene una capacidad especial para transmitir emociones. Tal como describía Cooke (como se cita en Juslin, 2005 p. 85): "probablemente la noción más común de lo que comunica la música es emoción. La música suele ser llamada «el lenguaje de las emociones»".

La importancia de esta cuestión en el ámbito de la investigación se refleja en la tradición investigadora de varios autores entre los que han destacado Juslin, Sloboda, Scherer o Meyer. A partir de su trabajo y avances en esta rama de la investigación se ha mantenido alguna que otra discusión alrededor de la forma de proceder para que la comunidad científica se beneficie de los resultados de la experimentación con las emociones en la música.

Juslin (2010) explica cómo Sloboda ha sugerido repetidamente la responsabilidad de los investigadores en "considerar los beneficios sociales de su trabajo, buscando la aplicabilidad de la investigación de música y tecnología." Al plantearse cómo conseguir esto, Juslin contradice a la premisa de Sloboda de que la manera "responsable socialmente" de enfocar la investigación es yendo directamente a buscar los beneficios de los resultados en la investigación, de manera que sean de provecho palpable y cuantificable para la sociedad. Para Juslin la "buena investigación de base" es esencial en el proceso de conocimiento de la

naturaleza de emoción y música, ya que sin esa base de conocimiento y experimentación, lo propuesto por Sloboda sería imposible de realizar. Juslin aboga así por la experimentación y el estudio exhaustivo de esta rama del conocimiento para poder finalmente sacar conclusiones de provecho para el conjunto de la población.

Juslin argumenta que muchas de las aplicaciones actuales de la investigación de las emociones en la música no se sustentan en experimentación científica: "Current applications of research on musical emotions include music therapy, film music, marketing, health care, and the gaming industry (Juslin, 2010). Most of these applications are based on intuition, rather than systematic scientific knowledge"<sup>79</sup>, y el problema no es que no haya investigación, sino que lo que se pretende es hacer una aproximación podríamos decir cuantitativa, superficial o 'farmacéutica' (Sloboda como se cita en Juslin 2010) al asunto, dándole a la música el "poder obligatorio de traer respuestas cognitivas, perceptuales o emocionales al oyente" cuando posiblemente no lo tenga. Es decir, han abundado los intentos de relacionar uno a uno cada música y su respuesta, sin tener en cuenta el entendimiento teórico que se necesita para controlar la complejidad del fenómeno en cuestión. Esta vía 'directa' o demasiado pragmática no funciona en este campo, tal como se ha visto, por ejemplo, en la ciencia de la musicoterapia, donde se conoce que los efectos provocados por un tipo de música no son siempre los mismos para todos los pacientes, pudiendo ser incluso contrarios: "Musical selections that are relaxing and meditative to one client can be disruptive and annoying to another."<sup>80</sup> (Guzzetta como se cita en Juslin 2010).

Por todo esto es de vital interés indagar en las bases teóricas de la comunicación de emociones en la música, y la manera de medirlas. Pero sobretodo, y por lo que se intuye con estas afirmaciones de Guzzetta, para comprender las diferencias individuales en las emociones que cada oyente experimenta frente a un estímulo sonoro, y cómo la atención a esas diferencias existentes puede llegar a ser crucial para mejorar el alcance del proceso comunicativo de

---

<sup>79</sup> "Las aplicaciones actuales de la investigación sobre las emociones musicales incluyen la musicoterapia, la música de cine, el marketing, la atención médica y la industria del juego (Juslin, 2009). La mayoría de estas aplicaciones se basan en la intuición, más que en el conocimiento científico sistemático".

<sup>80</sup> "Las selecciones musicales que son relajantes y meditativas para un cliente pueden ser disruptivas y molestas para otro".

emociones en la música, haciéndolo más eficaz y previsible.

#### **4.2. Efectos de la Música**

Si hay una cuestión en la que se está de acuerdo es la que proclama Leman (citado por Collins, 2013 p. 23): "La música hace efectos sobre las personas". Vamos a intentar estudiar cuáles son exactamente estos efectos, qué los provoca, y si existe alguna forma de controlar el proceso para poder repetirlo a voluntad.

Para empezar en cuanto a forma de arte, la Música reúne algunas características comunes en todas las ramas del arte descritas por Mosquera (2013) en relación con los efectos que provoca, entre los que se encuentran la inducción de emociones, estados afectivos y pensamientos: "El arte es definido en general como una herramienta simbólica que provoca, retiene e induce emociones ambivalentes, produciendo en la vida afectiva y en los pensamientos de las personas cierta confusión que operan a su vez sentimientos híbridos (Igartua, Álvarez, Adrián & Páez, 1994). Brennan (1998) muestra a la música en particular como el arte de combinar los sonidos ajustados a la medida del tiempo bajo una coordinación de notas armónicas que, de acuerdo a su composición como la melodía, armonía y el ritmo, tiene como fin agradar al oído de quien la escucha, sin perder su característica de influir en los sentimientos del oyente". Ya de entrada, pues, se confiere al arte una capacidad para influir en las emociones y/o sentimientos del espectador.

En un rápido repaso histórico, Mosquera (2013) esquematiza la concepción que se ha tenido de los efectos de la música empezando por Pitágoras, que utilizaba escalas y acordes para conseguir equilibrio mental, Aristóteles, que decía que ciertas melodías y ritmos fortalecen mente, cuerpo y espíritu, Platón, donde la música es para el alma lo que la gimnasia para el cuerpo. Pasando por Descartes, que asignaba a la música el fin del deleite y provocación de diversas pasiones. Referidos también por Mosquera (2013), Schweppe y Schweppe escriben que la música es un mecanismo para mejorar estados de ánimo de personas que lo necesitan. "la energía del sonido que produce la música tiene la capacidad de generar una relajación inconsciente".

Sigamos ahora con el repaso de Mosquera (2013) a los efectos que puede tener la música, que pueden ser de tipo físico y de salud corporal, por ejemplo, como indica Jauset (Mosquera, 2013 p. 35): "De esta forma el estado de trance o meditación profunda inducido por la música, puede contribuir a la mejoría en procesos de curaciones en una persona, ya que normaliza la tensión muscular y la respiración, aumenta la cantidad de oxígeno en la sangre, acelera la curación de las heridas, mejora el funcionamiento del sistema inmune, alivia el dolor, los problemas psíquicos y disminuye el estrés". Los efectos de la Música pueden ser también psicológicos y de desarrollo mental como sugiere Fernández (como se cita en Mosquera, 2013 p. 35): "parece ser que estar en contacto permanente con la música desde temprana edad hace que niños y niñas desarrollen mejor sus habilidades y su concentración, facilitándoles el aprendizaje de otros idiomas y potencializando su memoria, por su parte, Casas (Mosquera, 2013 p. 35) "entre a más temprana edad se tenga contacto con la música y se siga su práctica, se pueden fortalecer capacidades como la concentración, abstracción, escucha y expresión, entre otras, permitiendo una integración a nuestro mundo interno, sensorial, afectivo y cognitivo."

Se ha comprobado también que los efectos son distintos en las distintas personas que se exponen a una música. Por ejemplo dependiendo de la formación musical previa, como indica Dainow (1977 p. 217): "Landreth's claim that «physiological responses of the listener can be affected strongly by his increased knowledge and understanding» is strongly supported by the literature. Defining the term musician in a broad sense, i. e., those with greater knowledge and experience, whether playing music or listening to music, nine studies (Guibaud; Hyde; Washco; Dreher; Oleron and Silver; Wilson; Gray; Inglis; DeJong et. al.) support the statement that musicians are more responsive than nonmusicians. Only two studies contradict this: Winold found no differences, and Sears (1960) found that musicians were less responsive. Sears' data, however, show a sex difference as well, a finding that also contradicts all other research, and thus, it would seem, weakens the importance of his negative results on the issue of sensitivity."<sup>81</sup>

---

<sup>81</sup> "La afirmación de Landreth de que" las respuestas fisiológicas del oyente pueden verse fuertemente afectadas por su mayor conocimiento y comprensión "(p. 12) está fuertemente respaldada por la literatura. Definir el término músico en un sentido amplio, es decir, aquellos con mayor conocimiento y experiencia , ya sea tocando o escuchando música, nueve estudios (Guibaud; Hyde; Washco; Dreher; Oleron y Silver; Wilson; Gray; Inglis; DeJong et. al.) apoyan la afirmación de que los músicos responden mejor que los no músicos. Sólo dos estudios contradicen esto: Winold no encontró diferencias, y Sears (1960) encontró que los músicos eran menos receptivos.

Siguiendo con la idea de los efectos que puede provocar la música en los humanos, e intentando acotar el estudio a las emociones, Mosquera (2013) resume la importancia de este efecto: "las composiciones musicales pueden influir en determinados estados emotivos en las personas, logrando que el oyente traiga a su presente recuerdos que pueden infundir alegrías o tristezas, provocar estados de relajación, despertar la espiritualidad y otros sentimientos anteriormente experimentados. De esta forma, se puede entender la música más allá de notas que fluyen a través de ondas generadas por instrumentos melódicos, y verla entonces como productora de sentimientos que despierten los sentidos (Jauset , 2008), esto se puede evidenciar en la investigación de varios médicos mexicanos que concluyeron que el ser humano evoca una respuesta emocional diferente de acuerdo a las distintas piezas musicales que escuchen (clásica, balada, romántica, entre otras) (Flores & Díaz, 2009)". Es curioso como Jauset organiza conceptualmente con esta frase el sentido y dirección del proceso, al parecer otorgar a la música la capacidad de influir sobre los sentimientos, que darían lugar a respuestas emocionales.

### **4.3. Música, emociones y Comunicación**

Si nos adentramos en la obra de Meyer (1956), enseguida topamos con aspectos filosóficos interesantes acerca de la comunicación en la música. Primeramente distinguiendo la corriente 'Absolutista' que defiende que el significado musical es puramente intrínseco al material musical en sí, de la corriente 'referencialista' que proclama que algunos de los significados de la música "pueden referirse al mundo extramusical de conceptos, acciones, estados emocionales, y carácter (Meyer, 1956 p. 1)". Según esta última la música utilizaría la referencia a estados emocionales, por lo menos para comunicar significados externos a la música provenientes del mundo de las emociones, por ejemplo.

Según Johnson-Laird (1992 p. 13) "sin duda la música mueve las emociones". La música es

---

Sin embargo, los datos de Sears también muestran una diferencia de sexo, un hallazgo que también contradice todas las demás investigaciones y, por lo tanto, parece que debilita la importancia de sus resultados negativos en el tema de la sensibilidad ”.

vista como un medio de expresión de emociones, pero eso "debe llevarnos a resolver dos cuestiones: cómo comunica la música las emociones, y porqué nos gusta que nos agiten emocionalmente?"

La definición de comunicación usada por Johnson-Laird (1992) incluye una 'influencia causal' que se da entre el comunicador y el receptor, pero también es necesario que haya un 'mensaje a transmitir', en un proceso en el que el primero se construye una representación interior de algo (como un estado emocional) y después, intencionalmente, se la arregla para transmitir ese mismo mensaje con "algún comportamiento simbólico" (en este caso musical). El receptor debe percibir el comportamiento simbólico musical y de allí extraer la información para hacerse también una representación interior, supuestamente la misma que el emisor. Este comportamiento simbólico debe reflejar principios naturales, convenciones humanas, o una mezcla de las dos en lo que es un 'código' conocido por todos los participantes.

En relación a este 'código', cabe destacar que en el fenómeno musical, todo esto tiene relación con el hecho de utilizar, dentro del 'lenguaje universal de la música', el dialecto específico de los géneros. La atención al 'código' específico que domina un oyente en cuanto a los detalles escondidos en el funcionamiento de los géneros musicales (giros armónicos, estructuras, tipo de letras, recursos melódicos, etc) puede ser una manera de incrementar la red de estímulos que conforman ese comportamiento simbólico, con el fin de concretar y dar más profundidad al mensaje. Es lógico pensar que una comunicación efectiva en música pasa por conocer los gustos específicos del oyente, teniendo así la oportunidad de llevar la comunicación a un nivel de detalle y profundidad.

#### ***4.3.1. Comunicación vs. expresión***

Una vez observada la capacidad de la música para tratar con las emociones, resulta crucial hacer una distinción en la comunicación musical: 'expresión' frente a 'comunicación'. Juslin (2005) explica el proceso comunicativo que se da en la música. Éste empieza en una intención en el compositor, la intención del ejecutante, las características acústicas de la música, la percepción del oyente de esas características (decodificación), e inducción de estados mentales como efecto de esa percepción.

Según Juslin, la definición de expresión incluye sólo una parte de este esquema, al referir exclusivamente a pequeñas variaciones en tempo, dinámicas, timbre y tono. Es decir que se daría expresión musical solo atendiendo a los parámetros acústicos de la música y a su recepción por parte del oyente. Mientras que para que hubiera comunicación es necesario por lo menos la intención del ejecutante en esa ecuación. La expresión musical, según Juslin no es simplemente una cuestión de características sonoras en la música, sino también en la percepción del oyente, "y nos recuerda las maneras como los humanos expresan sus estados mentales en la vida real", llegando a otorgar expresión incluso a objetos inanimados. Esta visión de expresión no necesita que haya una intención expresiva desde el emisor, por tanto.

La comunicación, en cambio, iría más allá incorporando la intención de expresar un concepto a el proceso y el reconocimiento de ese concepto por parte del receptor (Juslin, 2005). La concreción y exactitud del mensaje estaría supeditada al acuerdo que exista en ambos extremos del proceso en cuanto a lo expresado en esa música. Habría un mensaje que se trasladaría a través del canal comunicativo, que podría ser de carácter emotivo, como hemos visto. Pero hay un elemento clave en este proceso, y es si esa comunicación requiere que, además de transmitir o comunicar esas referencias a emociones o estados anímicos, la música induzca también esas emociones en el oyente, más allá de si este es capaz de reconocer la emoción que se está describiendo. Esto conforma una de las discusiones más importantes en el campo de la investigación de las emociones en la música, en el cual indagaremos más adelante.

Para profundizar en esto, sería interesante hablar de los términos y definiciones utilizados en torno a las emociones y luego ver cómo se ha estudiado la transmisión de esas emociones.

#### ***4.3.2. Definir emoción***

A la hora de comprender las distintas visiones acerca de la capacidad de la música para transmitir emociones es importante ponerse de acuerdo a la hora de definir conceptos y limitaciones de los términos usados muchas veces indistintamente: emoción, estado de ánimo, sensación, sentimiento.

No estaría de más distinguir estos conceptos a nivel de definición en el diccionario (Real Academia Española, actualización 2020):

**Sensación:** . f. Impresión que percibe un ser vivo cuando uno de sus órganos receptores es estimulado. Sensaciones olfativas, visuales, táctiles. Sensación de dolor.

**Sentimiento:** m. Estado afectivo del ánimo. Se deja llevar por sus sentimientos.

**Emoción:** f. f. Alteración del ánimo intensa y pasajera, agradable o penosa, que va acompañada de cierta conmoción somática.

**Estado de ánimo:** m. Disposición en que se encuentra alguien, causada por la alegría, la tristeza, el abatimiento, etc.

En el ámbito de la investigación de las emociones en la música, hay que tener en cuenta algunas matizaciones que se han ido haciendo al respecto. Caballero y Ménez (2010) diferencian emoción y estado de ánimo por su duración: “Una característica importante que diferencia una emoción de un estado de ánimo es la duración; a saber, la emoción presenta una duración corta (segundos o acaso minutos), mientras de investigaciones, el uso de extractos musicales breves implica que la dimensión afectiva medida es la emotiva, no la anímica.” Esto puede ser tenido en cuenta más adelante en la fase experimental para la elección de materiales sonoros. Si son cortos, estaríamos trabajando emociones, si son más largos, estaríamos trabajando en “estados de ánimo”.

Scherer (2004) escribe sobre esta distinción para criticar cómo se han ido llevando a cabo las ‘mediciones’ de las emociones, a su parecer erróneas. Por una parte por el hecho de limitar el método a la medición de ‘arousal and valence’ y por otro lado por confundir el concepto de ‘emoción’ y ‘sentimiento’. Según él, los "sentimientos se pueden conceptualizar provechosamente como un componente central de la emoción, que integra todos los demás componentes y sirve como la base para la representación consciente de los procesos emocionales y de regulación afectiva." Como veremos más adelante, Scherer aplica estas nociones al diseño de la Geneva Emotion Wheel, en un proyecto dirigido por el Profesor Marcel Zentner, que pretenden desarrollar una escala de valoración objetiva de los estados emocionales.

En un artículo más tardío ( y uno de los más citados en el tema de emociones), Scherer (2005) pasa a poner las bases de lo que da en llamar un proceso de ‘componentes’ ( a component process), definición que propone por primera vez en 1982. En este modelo de explicación del

proceso emocional se entiende la emoción como "an episode of interrelated, synchronized changes in the states of all or most of the five organismic subsystems in response to the evaluation of an external or internal stimulus event as relevant to major concerns of the organism"<sup>82</sup>. Esos componentes serían los estados de los cinco subsistemas y el proceso consiste en los cambios coordinados a través del tiempo.

En este contexto, Scherer (2005 p. 699) distingue 'feelings', al parecer si nos fijamos en la traducción al español más bien de 'sensación' en contraposición a una traducción como sentimiento, la cual parecería tener un sentido más profundo y meditado en la persona, y al que Scherer no parece hacer alusión. Según la definición que el propio Scherer hace: "las sensaciones integran la representación central de la organización de las respuestas evaluativas en la emoción".

La cosa todavía se complica más cuando Scherer propone que dentro de lo que se da en llamar emociones existen siete categorías de 'fenómenos afectivos' que deberían ser diferenciados de los que serían propiamente emociones: y serían: preferencias, actitudes, estados de ánimo, disposiciones afectivas, posturas interpersonales, emociones estéticas y emociones utilitarias. (Scherer, 2005 p. 704)

Scherer (2005 p. 708) explica también la importancia que debería tener el hecho de desmenuzar no sólo conceptos que engloben emociones genéricas, si no ir a las pequeñas diferencias terminológicas que hacen que haya tanto vocabulario diverso para las emociones. Por lo tanto hay que buscar un sistema que llegue a esos niveles de profundidad, en un sistema científicamente utilizable, más allá de tesauros y diccionarios. Por medio de la creación de 'semantic profiles', es decir, acotar los perfiles de las emociones a modo cualitativo. De esta forma se puede disponer de "la definición del campo semántico, el significado de un término en su idioma".

Otros autores distinguen claramente emociones y sentimientos más bien por su tipología:

---

<sup>82</sup> "Un episodio de cambios sincronizados e interrelacionados en los estados de todos o la mayoría de los cinco subsistemas orgánicos en respuesta a la evaluación de un evento de estímulo externo o interno como relevante para las principales preocupaciones del organismo"

Davies, S. (1980 p. 71) "se podría distinguir entre emociones 'propriadamente' (tristeza, alegría, etc.) y lo que generalmente se llama sentimientos (vergüenza, esperanza, aceptación, desesperación, asombro, [...] nerviosismo, etc."

Por último hay que destacar la visión quizá más estandarizada del uso de la palabra 'emoción' en el ámbito de la investigación. Como ha sido comentado anteriormente, Juslin (2010 p. 2), hace hincapié en la importancia de la distinción del concepto de 'emoción' para una persona cualquiera, del significado que le da la psicología moderna. Mientras que para el primero emociones suele reducirse a una serie de sentimientos internos que experimenta la persona, para el segundo grupo las emociones acarrear además una serie de reacciones fisiológicas y de otros tipos que pueden incluir "emotions can increase our heart rate; activate certain brain regions; make us cry, laugh, or trash furniture; make us more prone to remember certain memories than others; and change our perception of the world"<sup>83</sup>. Juslin (2010 p. 2) propone esta definición de emoción "Emotions are relatively brief, intense, and rapidly changing reactions to potentially important events (subjective challenges or opportunities) in the external or internal environment - often of a social nature - which involve a number of subcomponents (cognitive changes, subjective feelings, expressive behavior, and action tendencies) that are more or less 'synchronized' during an emotional episode."<sup>84</sup>

#### ***4.3.3. ¿Dónde se producen las emociones?***

Desde un punto de vista fisiológico, Mosquera (2013) repasa las reacciones que se dan en el cuerpo humano al escuchar música, empezando por las reacciones neuronales: "en el tallo cerebral y el tronco encefálico se experimenta un primer acercamiento del ser humano hacia la música (Juslin, 2009). Estos centros cerebrales responden a reacciones emocionales causadas por eventos sonoros destacables: Cuando un evento importante o urgente que requiere de toda

---

<sup>83</sup> "las emociones pueden aumentar nuestro ritmo cardíaco; activar ciertas regiones del cerebro; hacernos llorar, reír o tirar la basura a los muebles; hacernos más propensos a recordar ciertos recuerdos que otros; y cambiar nuestra percepción del mundo"

<sup>84</sup> "Las emociones son reacciones relativamente breves, intensas y que cambian rápidamente a eventos potencialmente importantes (desafíos u oportunidades subjetivos) en el entorno externo o interno, a menudo de naturaleza social, que involucran una serie de subcomponentes (cambios cognitivos, sentimientos subjetivos, comportamiento expresivo y tendencias de acción) que están más o menos 'sincronizados' durante un episodio emocional".

la atención involucra sonidos fuertes, súbitos y cambios rápidos de patrones temporales musicales, se activan estas estructuras producto de reacciones emocionales asociadas a tales estímulos."

Juslin (2010) habla de 'brain activation', como soporte independiente para la reacción a la música: "Listeners' responses to music involve many brain areas that are known from previous studies to be implicated in emotional responses. These include both subcortical and cortical areas (e.g., the thalamus, the hippocampus, the amygdala, the orbitofrontal cortex, the insula, and the nucleus accumbens."

<sup>85</sup>La música podría también despertar en el oyente una reacción en cadena al transportarlo a una experiencia pasada, en lo que representaría de alguna manera una respuesta sentimental: "El comportamiento de una persona, por causa de la música, puede ser influenciado también por algún episodio del pasado, ya que la emoción inducida por la música podría ayudarle a evocar recuerdos personales de algún evento específico en su vida, pudiendo ser recuerdos con fuertes conexiones emocionales (Juslin como se cita en Mosquera, 2013). "

El cerebro reparte las funciones de expresión de las emociones experimentadas, como indica Mosquera (2013): "Las emociones entre tanto - anatómicamente hablando - tienen su centro en el sistema encefálico conocido como el 'cerebro emocional', compuesto por diferentes estructuras tales como la amígdala, el hipotálamo, el hipocampo y el tálamo. Este sistema es el encargado de ayudar a expresar todo tipo de emociones como la alegría, la tristeza, el asco, la sorpresa y la ira, las cuales son parte esencial del ser humano (Vivas, Gallego & González, 2006)." De estas afirmaciones, deduce Mosquera que las emociones son una respuesta del organismo a unos estímulos: "Así pues, las emociones son una respuesta de reacción del organismo en la que involucra elementos centrales y periféricos utilizando el cuerpo como el representante de la emoción sentida, en el cual se vivencia la misma (Igartua et al., 1994)".

Cabría preguntarse en este punto, y en la línea de la definición de emoción proporcionada por Juslin, en donde queda todo el proceso previo a la reacción fisiológica, desde el reconocimiento de un mensaje con contenido simbólico, hasta la experimentación interna de

---

<sup>85</sup> "Las respuestas de los oyentes a la música involucran muchas áreas del cerebro que, según estudios previos, están implicadas en las respuestas emocionales. Estas incluyen áreas tanto subcorticales como corticales (por ejemplo, el tálamo, el hipocampo, la amígdala, la corteza orbitofrontal, la ínsula y el núcleo accumbens ").

esas emociones, que parecen movimientos del corazón. Mosquera (2013) indaga también en esa franja, observando una actividad general en el cerebro que involucra múltiples zonas y reacciones: "Sin embargo, el papel encefálico en la comprensión musical no está completamente claro. Existen zonas del cerebro encargadas de realizar funciones específicas como la del lenguaje o la memoria, en cambio la apreciación o interpretación emocional de la música no tiene un circuito cerebral propio, pero sí involucra y estimula todas las zonas del cerebro cuando es escuchada, por ejemplo, las regiones del movimiento, las emociones primarias, el proceso de la sintaxis y la gramática del lenguaje (Sáez, 2010). De esta forma, cuando las personas reaccionan ante el estímulo de la música experimentan en el cuerpo diferentes sensaciones, ello dado que la música produce un cambio tanto fisiológico como psicológico, reacción conocida como biomúsica (Loroño, 2011)."

Las reacciones pueden ser múltiples y muy variadas, incluyendo la segregación de sustancias diversas en el organismo que generarían sensaciones distintas, como indica Mosquera: "Se ha observado que al escuchar alguna música agradable, se pueden activar sustancias químicas en el Sistema Nervioso Central, estimulándose la producción de neurotransmisores como la dopamina, las endorfinas y la oxitocina, experimentándose un estado que favorece la alegría y el optimismo en general (Jauset, 2008). Al parecer, estas sensaciones ayudan a la movilización de información de carácter inconsciente que genera cambios en la actividad neuronal, facilitando la expresión de emociones, la descarga de sentimientos e impulsos reprimidos o incluso el brote emocional de conflictos o situaciones traumáticas (Betes de Toro, 2000)." Y quizá se subraye una característica que es la responsable de la complejidad que encarna el estudio de las emociones en la música, la vasta heterogeneidad de las reacciones de individuo a individuo, más si tomamos en cuenta el ya comentado fenómeno de regresión que puede experimentar alguien cuando una música hace aflorar recuerdos del pasado ligado a sus estados emocionales. "En este sentido, la respuesta emocional surgida ante los estímulos musicales no son homogéneas sino que resultan muy diferentes entre una persona y otra, tanto así que podría resultar complejo descifrar cuál es agradable o desagradable, ya que se reflejaría en función de las experiencias individuales de cada ser y sus procesos de aprendizajes previos (González, 1999)."

Las distintas zonas del cerebro están encargadas de reacciones diferenciadas, primordialmente por un lado las funciones que de alguna manera utilizan conscientemente el razonamiento, y por otro las reacciones inconscientes: "Por otro lado Blood, Zatore, Bermúdez y Evans (1999), demostraron que en algunas regiones del cerebro como la zona neocortical (es la que se activa cuando usamos las funciones superiores como: razonamiento, planificación, aprendizaje, memorización y juicio) y paralímbica (encargada de gestionar las respuestas fisiológicas causadas por un estímulo emocional), existían variaciones causadas por emociones agradables y desagradables cuando se presentaban tonos musicales variados en el ser humano, deduciendo así, que la música influye en el cuerpo empezando desde el cerebro." (Mosquera, 2013).

Esto resulta de interés, como veremos, en el intento de intentar captar y medir los efectos que hace la música sobre las personas. Por un lado unas reacciones en el área mental, de las cuales la propia persona es el testigo más directo, y por otro lado las reacciones fisiológicas que se producen automáticamente, muchas veces incluso sin la propia percepción del individuo. Algunos autores sugieren una tercera área, la afectiva e incluso las relacionan con elementos de la música específicos: "al parecer existe un paralelismo entre los elementos estructurales de la música y las personas en cuanto a "cómo somos": el ritmo relacionado con la parte corporal, la melodía con la parte afectiva y la armonía con la vida intelectual y de relación. Desde un punto de vista psicológico estos tres elementos son muy importantes, porque se refieren a la parte sensorial, afectiva y mental del individuo (Díaz, 2008)." (Mosquera, 2013)

#### ***4.3.4. Emoción percibida vs inducida***

Retomando la tan importante cuestión de si la música comunica simplemente emociones o bien las evoca, Juslin (2010) hace repaso histórico del estudio de las emociones evocadas por la música, muy revelador, ya que confiere a las emociones el poder principal de atraer a las personas al arte de la música a base de evocar emociones, es decir, hacer que las experimente el oyente: "few issues in music psychology are more important than to explain how music evokes emotions in listeners. This is because such experiences are one of the primary reasons for engaging with music."<sup>86</sup>

---

<sup>86</sup> "pocos temas en la psicología musical son más importantes que explicar cómo la música evoca emociones en los oyentes. Esto se debe a que tales experiencias son una de las principales razones para involucrarse con la música."

"Por otro lado, Balsera & Bernal (2008) diseñaron un concierto de piano a cuatro manos con diferentes parámetros musicales cada uno enlazado a diversas cargas emocionales, el objetivo de este trabajo era establecer si existía o no una conexión entre la parte emocional y la parte cognitiva, inherente a cualquier fenómeno musical, en el ser humano. Sus resultados además de probar la conexión entre estos elementos, mostraron que las emociones ligadas a los diferentes parámetros musicales permiten desarrollar de mejor forma la percepción auditiva contribuyendo así en la formación musical." (Mosquera, 2013).

Sobre este asunto Caballero-Meneses & Menez (2010, pg. 38), describen las dos posiciones descritas por Krumhansl desde 1997, postura cognitivista, que describiría la comunicación de emociones como un mero reconocimiento de la descripción de esas emociones por parte del oyente de la música, contra la postura emotivista, que abogaría por el hecho de que la música puede suscitar realmente la experimentación de esas emociones en el oyente. Esta postura se describe ampliamente en Juslin y Västfjäll (2008), que afirman que la música puede producir reacciones a las emociones como si las personas las estuvieran experimentando, más allá de si las reconocen o no, y lo fundamentan tanto teórica como empíricamente: "Entre sus resultados se encuentran cambios psicofisiológicos (inducción de respuestas fisiológicas similares a las que se producen con otros métodos de inducción de emociones como cambios en la respuesta galvánica de la piel, la tasa cardiaca y la emisión hormonal); activación cerebral (en áreas relacionadas con emociones como la amígdala, corteza orbito-frontal y núcleo accumbens); respuestas conductuales (expresión facial medida de diversas formas, tendencia a la acción en términos de cambios en la probabilidad de mostrar ciertas conductas en presencia de la música); respuestas subjetivas (autorreportes y uso de la música para la regulación emocional), entre otras."

Mosquera (2013) resume el procedimiento descrito en esta frase: "una persona que se identifique con el mensaje transmitido en la canción puede llegar a interiorizarla y de esta forma, permitir el brote de algún tipo de sensación." Donde parecería que el oyente primeramente identifica un mensaje (que puede ser de contenido referencial a emociones) y luego las interioriza hasta que termina por experimentar la emoción.

#### **4.3.5. La respuesta motora**

Como parte de este proceso, está también documentada la respuesta motora a los estímulos emocionales. Mosquera (2013): "El cerebro procesa agrupando, analizando y combinando el estímulo sensorial (sonido musical) con el fin de organizar determinadas funciones neuropsicológicas para dar una reacción neurológica y motora (Díaz, 2008). De esta forma podemos explicar el hecho de que la música despierta emociones al estimular centros cerebrales específicos, siguiendo un camino de interiorización que impulsa a manifestar sensaciones. La psicología de la música mira este proceso como algo holístico entre varios elementos como el cuerpo, mente, espíritu y emoción, contribuyendo al equilibrio necesario que debe existir entre estos elementos con el fin de brindarnos bienestar (Díaz & Giráldez, 2007)."

Una de estas reacciones corporales se ha tomado en seria consideración el movimiento muscular que da lugar a las expresiones faciales. Algunos autores consideran esta reacción un artilugio psicológico de gran importancia para la salud emocional. Mosquera (2013) "En cuanto al cuerpo, la música desempeña otro papel muy importante en la organización de las relaciones espaciales, ya que contribuye al dominio y canalización de las emociones porque requiere del control de las expresiones faciales y corporales. Esto permitiría a individuos con dificultades en la expresión de emociones y sentimientos, despertar sus energías latentes e impulsos (Lacárcel, 2003)." Esto nos acerca también a las formas de expresión corporal como la danza, tan ligada a la escucha musical y muchas veces la expresión corporal de una emoción transmitida por la música. Mosquera (2013): "Las personas al mover su cuerpo se dejan llevar por las ondas musicales, produciendo en ellas una conexión entre su mundo interior y su entorno, permitiéndole al cuerpo y la mente estar en constante interacción recíproca, logrando la liberación y descarga de sentimientos a través del movimiento y de gestos corporales que finalmente permite experimentar un goce físico y emocional."

Siguiendo su definición de emociones descrita anteriormente, Juslin (2010) también habla de 'expressive behaviour'<sup>87</sup>, como otra manera de evidencia de la respuesta corporal (más allá de

---

<sup>87</sup> "comportamiento expresivo"

la sentimental) que produce la música en el oyente. A su vez, constituye una de las variadas técnicas de medición de las emociones en general y en el contexto musical que describiremos más adelante. Por un lado utiliza las, electromyographic (EMG) measures of facial expression en referencia a las expresiones faciales medidas a través de los impulsos electromagnéticos. Por otro lado también describe las reacciones llamadas ‘action tendencies’ (estímulos emocionales que provocan una tendencia a ejecutar alguna acción que implica movimiento, ir a ayudar a otros, comprar productos, moverse). También habla de un proceso existente de autoregulación: "Listeners regulate their own emotional response."<sup>88</sup>

Juslin (2010) sigue diciendo que Scherer y Zenter propusieron el criterio de que "una emoción musical debería incluir evidencias de una respuesta sincronizada de todos o casi todos los componentes o subsistemas". Y de ahí se ha demostrado esta sincronización de manera experimental, incluyendo "self-reported feeling", "facial muscle activity", "autonomic activity"<sup>89</sup> (Lundqvist, Carlsson, Hilmersson, & Juslin, como se cita en Juslin, 2010), con esto se demuestra que la música sí que provoca evoca emociones.

#### **4.4. Generación de emociones en la música**

##### ***4.4.1. ¿Qué emociones suscita la música?***

Para responder a esta cuestión sobre el tipo de emociones que evoca la música, Juslin (2010) maneja el concepto de ‘prevalence’ (descrito como la frecuencia relativa de ocurrencia de un fenómeno como reacciones a la música, en la población de interés.). Juslin habla de un estudio de Sloboda (1992, Table 1), donde 76 estudiantes fueron interrogados acerca de las emociones experimentadas con la música: *tristeza* y *alegría* fueron los estados más experimentados. En otros estudios recientes se habla estados (Alegría, calma, nostalgia, amor, tristeza, interés, esperanza, excitación), aunque Juslin reconoce la limitación de estos estudios, al ser de una representación pequeña, y tener como base los términos utilizados por el investigador (tema parecido al de Scherer y the geneva wheel).

Juslin (2010) describe los resultados de otro estudio en población sueca, donde se les pide que

---

<sup>88</sup> "Los oyentes regulan su propia respuesta emocional".

<sup>89</sup> "sensación autoinformada", "actividad muscular facial", "actividad autónoma"

digamos un pasaje musical que les genere mucha emoción, las 5 emociones más repetidas: "The five most frequent emotions were happy elated, sad-melancholic, calm-content, nostalgic-longing, and aroused-alert."<sup>90</sup>

Se ha sugerido que no todas las emociones del espectro humano son reproducibles en música (Juslin, 2010), quedando las emociones básicas fuera. Este extremo ha sido rebatido por otros estudios donde emociones básicas como felicidad, tristeza y enfado se detectaban en la audiencia. Juslin (2010 p. 19) rebatía esta hipótesis, aduciendo que estas conclusiones se debía a que se concebía que las emociones sólo podían deberse al proceso de "Cognitive appraisal", cuando se ha visto que hay otros mecanismos que provocan esto, como veremos más adelante.

Se ha insinuado también (aunque no demostrado), que la música y el arte evocan emociones que sólo pueden existir en esos medios (Juslin, 2010). También proponen algunos autores que, pese a no ser exclusivas de la música, algunas emociones se experimentan de manera especial y por eso resultan más refinadas: Frijda et al (2007) definen las "refined emotions", como un modo especial de sentir las emociones cuando se hacen a través de la música (experiencia caracterizada por una situación que propicia el desapego, la contención, la reflexividad, la posibilidad de saborear esas emociones, etc). Esto puede darse en otros contextos expresivos (comida, religión, etc).

#### ***4.4.2. Contexto e individuo***

Juslin (2010) describe la importancia que tiene el individuo y la situación en la que se encuentra a la hora de percibir emociones: "Different listeners react differently to the same piece of music. And even the same listener reacts differently to the same music in different contexts. All musical emotions occur in a complex interplay between the listener, the music, and the situation."<sup>91</sup> Esto refuerza una vez más la idea de la necesaria "individualización" de la medición y la investigación con las emociones musicales.

---

<sup>90</sup> "Las cinco emociones más frecuentes fueron alegría eufórica, tristeza-melancólica, alegría tranquila, ansia-nostálgica y excitación-alerta".

<sup>91</sup> "Diferentes oyentes reaccionan de manera diferente a la misma pieza musical. E incluso el mismo oyente reacciona de manera diferente a la misma música en diferentes contextos. Todas las emociones musicales ocurren en una interacción compleja entre el oyente, la música y la situación".

En un artículo de 2004, Juslin & Laukka critican la común perspectiva que se ha hecho de percepción y emoción en la música desde la visión de un músico, en lugar de basarse en la opinión de oyentes “comunes”. Concluye el artículo: "emotion is strongly related to most people's primary motives for listening to music"<sup>92</sup>. y se pone de manifiesto que la manera de sentir emociones con una música difiere entre la población distintamente ‘educada’ al respecto. En este caso se da importancia a las emociones más populares sentidas por el espectador medio, lo que vienen a denominar “folk conceptions of emotion.”<sup>93</sup>

En el desarrollo de la investigación de esta tesis se hará muy importante esta cuestión, puesto que de ello depende el poder analizar la influencia de la música en la respuesta emocional de las personas. El contexto es hasta cierto punto controlable en condiciones de laboratorio y sobretodo si se asocia la música con una acción que dirige la atención del oyente, como puede ser el videojuego.

Según Juslin (2010) las emociones deben ser estudiadas en el momento en que se producen, y eso es lo que pretendía Sloboda cuando propuso el método *Experience Sampling Method (ESM)*. Con este método se demostraba que no toda la música genera emociones (solo un 50-60%), y que la mayor parte de emociones evocadas aparecen de noche y mayormente en fin de semana (como viniendo a demostrar que las emociones se generan en tiempo de ocio, que por otro lado es cuando se puede deducir que se debe escuchar más música). Siguiendo con el **donde**: El método ESM estima que "the most common activities during musical emotions are focused music listening, travel, movie or TV watching, work/study, social interaction, and relaxation"<sup>94</sup> (Juslin, 2010). En esta ecuación la música en directo parecía ser una rareza en este sentido, y el método más usado es "stereo equipment, personal computers, TV, Walkmans/MP3 players, and radio"(ibidem)<sup>95</sup>. El género más usual (seguramente por ser el

---

<sup>92</sup> "la emoción está fuertemente relacionada con los motivos principales de la mayoría de las personas para escuchar música"

<sup>93</sup> "Concepciones populares de la emoción"

<sup>94</sup> "las actividades más comunes durante las emociones musicales son escuchar música enfocada, viajar, ver películas o televisión, trabajar / estudiar, interacción social y relajación".

<sup>95</sup> "equipo estéreo, computadoras personales, TV, walkman / reproductores MP3 y radio"

más popular) es pop/rock. Incluso se analiza la localización: Home and Outdoors. "This may seem to suggest that the context is not important after all. However, as noted earlier, the context might influence which emotions are evoked."<sup>96</sup> (ibidem). El 40% ocurría cuando la persona estaba sola. Y la situación de contexto social, parecía influir en el tipo de emociones evocadas: "Some emotions, such as **happiness-elation, pleasure-enjoyment, and anger-irritation**, often occur in 'social' settings (during social interaction, among friends). Others, such as **calm-contentment, nostalgia-longing, and sadness-melancholy**, often occur in 'solitary' settings (listening alone). That the prevalence of specific emotions varies depending on the context – activity, location, social condition – highlights the need to use representative samples of situations in order to obtain valid estimates of prevalence"<sup>97</sup> (ibidem).

#### 4.4.3. ¿Cómo genera emociones la música?

Las emociones en la música es un territorio misterioso y complejo que suele sorprender, como se desprende de esta afirmación de un filósofo: "Music provides neither the objects nor, therefore, the belief-opportunities that would make it possible for musical works to arouse such emotions as anger, sadness, joy ..."<sup>98</sup> (Kivy, 1990 p. 165)." (Juslin, 2010). Incluso sin disponer de los elementos al parecer indispensables para que se den, la música consigue despertar las emociones y otros estados. Pero la cuestión es: ¿cómo?

Según Juslin (2010), la respuesta se ha tratado de dos maneras distintas. "[1] Mapear los factores que provocan las emociones (en persona, música y situación). [2] teorizar sobre el mecanismo específico que media entre los eventos musicales y las emociones experimentadas (Juslin, 2010 p. 11)."

---

<sup>96</sup> "Esto puede parecer sugerir que el contexto no es importante después de todo. Sin embargo, como se señaló anteriormente, el contexto podría influir en qué emociones se evocan"

<sup>97</sup> "Algunas emociones, como la felicidad-euforia, el placer-disfrute y la ira-irritación, a menudo ocurren en entornos 'sociales' (durante la interacción social, entre amigos). Otras, como la calma-satisfacción, la nostalgia-anhelo y la tristeza- melancolía, a menudo ocurren en entornos 'solitarios' (escuchando solo). Que la prevalencia de emociones específicas varía según el contexto (actividad, ubicación, condición social) destaca la necesidad de utilizar muestras representativas de situaciones para obtener estimaciones válidas de prevalencia "

<sup>98</sup> "La música no proporciona ni los objetos ni, por lo tanto, las oportunidades de creencias que harían posible que las obras musicales susciten emociones tales como ira, tristeza, alegría ..."

En cuanto a la primera , los factores causales, se ha visto que existen algunos factores individuales edad, género, personalidad, entrenamiento musical, #pc, preferencia musical o estado anímico. También se han detectado factores de situación: condiciones visuales y físicas, tiempo y lugar, condiciones sociales (estando solo o en compañía, tipo de audiencias, ocasiones especiales), pero la mayoría de estudios se enfocan en factores de la música misma.

Juslin (2010) describe como Sloboda pide en una investigación a los sujetos que digan músicas que les han provocado emociones, en su mayoría clásica. Muchos de ellos reportan piezas o secciones enteras, que parece responder a carácter general de la música. Pero una tercera parte de los individuos reportan reacción a una parte o elemento pequeño (tema, etc), y les lleva a la siguiente conclusión: distinguen entre los elementos asociados a reacción con lágrimas (melodic ‘appoggiaturas’ y secuencias melódicas o armónicas.) a los que provocan escalofríos (armonías no preparadas, o novedosas), reacciones cardíacas (síncopas o eventos prominentes que ocurren sin preparación). Según Juslin (2010) la novedad de Sloboda es que intenta ver qué mecanismos hay detrás de esto, cuyo resultado se relaciona con Meyer (1956): la noción de que las **expectaciones musicales y sus violaciones**, tienen un importante rol en la respuesta emocional a la música.

Más recientemente ha habido estudios que se centran en la causa de la emoción en la música (como Juslin & Västfjäll, 2008). Esta línea de investigación descubre que es difícil encontrar situaciones objetivas que invariablemente afecten a diferentes personas de la misma manera: "different persons tend to react in different ways to the ‘same’ stimulus."<sup>99</sup>

En este contexto nace según Juslin (2010) el interés entre objeto y emoción y se utiliza el término "psychological mechanism"<sup>100</sup> , el proceso de información que hace el cerebro que nos lleva a la emoción. Scherer es quien introduce uno de esos mecanismos el "cognitive appraisal"<sup>101</sup>, proceso en el que una emoción es evocada en una persona porque se toma como un evento que tiene importantes implicaciones en los objetivos de la persona. A esta afirmación Juslin

---

<sup>99</sup> "diferentes personas tienden a reaccionar de diferentes maneras ante el 'mismo' estímulo".

<sup>100</sup> "mecanismo psicológico"

<sup>101</sup> "evaluación cognitiva"

manifiesta su disconformidad aduciendo que la música rara vez tiene esas importantes implicaciones en los objetivos de la persona... y por lo tanto es un mecanismo que influye raramente en las emociones musicales.

Para esclarecer esta línea de argumentación Juslin et al. (como se cita en Juslin 2010) introducen el modelo BRECVÉ, que postula siete mecanismos más que pueden dar lugar a las emociones a través de la música: "Brain stem reflexes, Rhythmic entrainment, Evaluative conditioning, Contagion, Visual imagery, Episodic memory, and Musical expectancy"<sup>102</sup>. Estos mecanismos se han querido ver desde una perspectiva evolucionista, es decir, que se han ido adquiriendo por la raza humana en diferentes etapas de la evolución y por ello tienen funcionamientos distintos y localizaciones cerebrales distintas. Algunos mecanismos por estar en zona "subcortical", no tienen presencia en la conciencia mientras que otros estando en zonas corticales si las tienen (pueden estar afectados por la voluntad e incluso distraídos por estímulos mayores). Los mecanismos pueden interactuar llevando incluso a resultados conflictivos. En la explicación que hace Juslin de todos ellos se pueden encontrar distintos efectos concretos de la música generados por alguno de estos mecanismos.

De manera resumida y extrapolando las aplicaciones prácticas, repasemos estos mecanismos tal como los describe Juslin (2010):

---

<sup>102</sup> "Reflejos del tronco cerebral, arrastre rítmico, condicionamiento evaluativo, contagio, imágenes visuales, memoria episódica y expectativa musical"

Mecanismo	Funcionamiento	Qué lo activa?
<b>Reflejos del tronco encefálico</b>	"una emoción es inducida por la música porque una o más características acústicas fundamentales de la música son tomadas por el tronco cerebral para señalar un evento potencialmente importante y urgente que necesita atención".	Sonidos que son repentinos, fuertes, disonantes y presentan patrones temporales rápidos o que cambian rápidamente
<b>Arrastre rítmico</b>	una emoción es evocada por una pieza musical porque un poderoso ritmo externo en la música influye en algún ritmo corporal interno del oyente (por ejemplo, la frecuencia cardíaca), de modo que este último ritmo se ajusta y finalmente se "fija" en una periodicidad común	un pulso fuerte (p. ej., "música tecno"), preferiblemente uno que esté relativamente cerca de la frecuencia cardíaca natural o la respiración del oyente, y un ritmo acelerado que puede ayudar a "impulsar" el pulso.
<b>Condicionamiento o evaluativo</b>	"una emoción es inducida por una pieza musical simplemente porque este estímulo a menudo se ha emparejado con otros estímulos positivos o negativos".	una pieza musical en particular puede haber ocurrido repetidamente junto con un evento específico que siempre te hace feliz, como conocer a tus amigos.
<b>Contagio emocional</b>	una emoción es inducida por una pieza musical porque el oyente percibe la expresión emocional de la música y luego "imita" esta expresión internamente	la música a menudo presenta patrones acústicos similares a los que ocurren en el habla emocional. [...] nos excitan las características vocales de la música porque un módulo cerebral responde rápida y automáticamente a ciertas características del estímulo como si vinieran de una voz humana que transmite emoción, presumiblemente a través de algún tipo de sistema de 'neuronas espejo' involucrado en respuestas empáticas.
<b>Imágenes visuales</b>	se evoca una emoción en el oyente porque él o ella evoca imágenes internas	El oyente parece conceptualizar la estructura musical a través de un mapeo metafórico y no verbal entre las posibilidades metafóricas de la música y los "esquemas de imagen", basados en la experiencia corporal. Por ejemplo, al escuchar una pieza, uno puede escuchar un movimiento melódico como "hacia arriba" y luego visualizarse a sí mismo "volando más alto".
<b>Memoria episódica</b>	se induce una emoción en un oyente porque la música evoca un recuerdo personal de un evento específico en la vida del oyente	La música a menudo evoca recuerdos episódicos (el fenómeno "Cariño, están tocando nuestra melodía"), y algunos de ellos pueden ser muy emocionales, tal vez porque los patrones de reacción fisiológica a los eventos originales se almacenan en la memoria junto con el contenido de la experiencia.

Cabe destacar el hecho que para que ocurra el "contagio emocional" se entiende que la música suele reproducir patrones sonoros presentes en un discurso emocional. Las voces de una música nos despiertan emoción porque el cerebro las interpreta como si fueran voces transmitiendo emoción. Usando quizá algún tipo de "neurona espejo". La voz es muy utilizada pero también se podría trasladar la idea a otros instrumentos (cello, violín).

En cuanto a la 'imaginería visual', la música puede ayudar a imaginar un paisaje o por ejemplo que puedo volar. Siempre se trata de un proceso en la experiencia corporal. La persona puede manipular y retocar esas imágenes pero hay algunas que suelen funcionar para todo el mundo. Juslin (2010) comenta que este mecanismo es muy vivido por algunas personas y nada para otras. Quizá tenga esto que ver con la capacidad de imaginar de las personas. Podría ser que una persona con más imaginación tuviera más experiencias emocionales con la música porque este elemento le va a despertar más excusas para imaginar situaciones, paisajes y acciones...

Podemos ligar esto con el hecho descrito por el mismo Juslin anteriormente en este trabajo de la educación musical, cómo se ha estudiado que las personas con educación musical experimentan de manera distinta la música. Podríamos concluir que trabajando la música se trabaja la imaginación.

Juslin (2010), sigue insistiendo en el error que supone la investigación enfocada en estímulo-reacción o estímulo emoción. Ya que en la escucha musical, pueden haber muchos mecanismos o algunos actuando y tener reactividades distintas.

Como un pequeño anticipo de lo que será el diseño de la experimentación posterior de esta investigación, se pueden proponer en la práctica estos tipos de características en la música utilizada para optimizar el efecto emocional de ésta:

Mecanismo	Propuesta
<b>Reflejos del tronco encefálico</b>	Cuando pasas el umbral GSR, encima tienes un ruido de estrés.
<b>Arrastre rítmico</b>	Utilizar el tempo de la canción a los PBM del jugador.
<b>Condicionamiento evaluativo</b>	Leitmotivs (cada vez que pierdes, en un nivel posterior utilizar esa música arbitrariamente)
<b>Contagio emocional</b>	Patrones similares en el timbre (Voz, violín, etc...)
<b>Imágenes visuales</b>	La música metafóricamente te hace sentir que vas a perder. No que has perdido. Escalas descendientes, etc
<b>Memoria episódica</b>	Conocer los gustos del jugador y utilizar música que no le guste. (o música que considere memorable en caso de querer ayudarlo)

Las emociones se pueden generar en la interpretación musical. Más allá de esta visión de la psicología de las emociones, algunos autores han mirado el papel del músico intérprete como modelo para ver cómo se generan las emociones. En un modo intuitivo pero efectivo, la experiencia da a estos profesionales un sentido de comunicación de emociones que día tras día toca a los oyentes. (Fabiani et al., 2012 p. 49): "When musicians perform a piece of music, they introduce variations to the score in the form of changes in a number of acoustical parameters, such as tone dynamics and articulation, timber and tempo."<sup>103</sup>

También se ha sugerido la importancia de la estructura o forma musical para la transmisión de emociones. A colación de esto, Krumhansl y Agres (2008), tratan el tema de la expectación musical y su vinculación a la estructura musical, en la transmisión de emociones por la música; en base al fundamento teórico de Leonard Meyer (1956) en su libro, del cual dicen ser "the most influential theoretical framework for studying musical emotions"<sup>104</sup> (Krumhansl y Agres, 2008 pg. 1).

Finalmente la armonía, como lenguaje muy desarrollado de generación de discurso sonoro,

<sup>103</sup> "Cuando los músicos interpretan una pieza musical, introducen variaciones en la partitura en forma de cambios en una serie de parámetros acústicos, como la dinámica y la articulación del tono, la madera y el tempo".

<sup>104</sup> "El marco teórico más influyente para el estudio de las emociones musicales"

también es tenido en cuenta como posible vehículo generador de emociones. Basándose en un estudio de Ernst Kurth y la teoría de los "Equilibration Effects", Willimek (2013) la describe como "primera descripción de las funciones armónicas como la capacidad del oyente para identificarse con los procesos de la voluntad", y da un paso más allá investigando la relación entre música y emoción describiendo los procedimientos psicológicos por los cuales la armonía tiene un significado emocional en la persona.

Algunos autores, como Västfjäll, D., Larsson, P., & Kleiner, M. (2002), han estudiado el efecto de los efectos sonoros en la percepción emocional en la música. En su caso con los tiempos de reverberación.

## 5. MEDICIÓN

Para adentrarse en la investigación de las emociones en la música hay que estudiar los métodos de medición de las emociones generadas por la música que se han estado utilizando y desarrollando en las últimas décadas. Bai, Luo et al. (2017) describen la disciplina y sus características: "MER (Music Emotion Recognition) [...] is a challenging field of studies" "how to evaluate the emotion of a song is a challenging problem [...], machine learning algorithm is the research hotspot"<sup>105</sup>, y describen así la importancia que ha cobrado el "machine learning en toda esta rama de la investigación. Pese a ser un mundo apasionante e interesantísimo, no es el objetivo de esta investigación adentrarse en las complejidades de las soluciones técnicas al problema de la medición de las emociones, sino sentar una base metodológica para poder realizar algunas experimentaciones con elementos de medición emocional. Veamos algunos métodos desarrollados para solucionar la medición en las emociones.

---

<sup>105</sup> "MER (Music Emotion Recognition) [...] es un campo de estudios desafiante" "cómo evaluar la emoción de una canción es un problema desafiante [...], el algoritmo de aprendizaje automático es el punto de acceso de la investigación"

## 5.1. Métodos de Medición de Emociones

### 5.1.1. Rueda de emociones Plutchick

Tal como describe Krimova en un artículo en internet: "Through years of studying emotions, American psychologist Dr. Robert Plutchik proposed that there are eight primary emotions that serve as the foundation for all others: joy, sadness, acceptance, disgust, fear, anger, surprise, and anticipation. (Pollack, 2016)"<sup>106</sup>.

Partiendo de un entendimiento de las emociones como episodios influenciados por distintos estímulos. Estos episodios son: emocional (simple experimentación interna), Tendencia a la acción (el cuerpo se mueve a la acción), evaluación (proceso analítico), motor (expresión en movimientos corporales), psicología (reacciones químicas en nuestro cuerpo); y deberían englobar todas las emociones que puede sentir el ser humano.

Plutchik identificó ocho emociones primarias, agrupadas en polos opuestos: alegría y tristeza, aceptación y disgusto, miedo e ira, sorpresa y anticipación. Éstos a su vez habían sido adquiridos a partir de diez: Animales-humanos, Evolución histórica, Supervivencia, patrones, emociones básicas (confianza, miedo, sorpresa, tristeza, disgusto, ira, anticipación y alegría), combinaciones y construcciones hipotéticas.

De todas estas emociones se valoró (a parte de los opuestos), las similitudes y la intensidad, para terminar creando la 'Rueda de las emociones', que contiene un código de colores y distintas capas que expresan la intensidad, mientras que la posición relativa muestra las similitudes.

Se trata de un método que permite simplificar cuestiones muy complejas, permitiendo la visualización de las emociones y la comprensión de las combinaciones de emociones experimentadas. Una herramienta que permite conocer la autopercepción emocional y que es útil en ámbitos quizá relacionados con la terapia y el asesoramiento, pero difícilmente

---

<sup>106</sup> "A lo largo de años de estudio de las emociones, el psicólogo estadounidense Dr. Robert Plutchik propuso que hay ocho emociones primarias que sirven como base para todas las demás: alegría, tristeza, aceptación, disgusto, miedo, ira, sorpresa y anticipación (Pollack, 2016).)".

cuantificable debido a las diferencias semánticas que se pueden dar entre individuos con distintas lenguas o bien distintas formas de entender el vocabulario.

### **5.1.2. Valence-Arousal.**

Schachter y Singer (1962), observaron en sus estudios que las emociones se componen de dos partes, una es la reacción fisiológica y la otra la respuesta cognitiva. La respuesta fisiológica no es particular de cada tipo de emoción, lo que la hace particular es cuando entra en juego la capacidad cognitiva de la persona. Es decir, la persona al sentir una reacción fisiológica entiende de donde proviene y la convierte en una emoción etiquetada

Bai, Luo et al. (2017 p. 122), describen cómo Russell y Thayer proponen en los 80 un modelo de Valence-Arousal para la descripción de emociones en la música "muy utilizado por musicólogos, estéticos y psicólogos". En este sistema, la valencia representa en el axis 'x' las emociones negativas o positivas y Arousal representa en el eje 'y' excitación vs. calma. "Esta conceptualización dimensional de las emociones musicales da un modelo simple, fiable y entendible". Aquí se describe un sistema de descripción que es fiable, contraponiendo emociones negativas y positivas contra excitación y calma.

### **5.1.3. Geneva Emotion Wheel**

Por su parte, Scherer (2005 p. 709), en su búsqueda del perfeccionamiento de los métodos de medición, afirma que "There is no single gold-standard method for the measurement of emotion", y propone que debería utilizarse un sistema convergente que tenga en cuenta todos los cambios en los componentes involucrados, que pueda proporcionar una medición exhaustiva de las emociones, que idealmente debería incluir: "[1] los continuos cambios de procesos de evaluación en todos los niveles de procesamiento del sistema nervioso central, [2] los patrones de respuesta generados en los sistemas nerviosos neuroendocrino, autónomo y somático, (3) los cambios motivacionales producidos por los resultados de la evaluación, en particular las tendencias de acción (incluyendo las firmas neuronales en los respectivos circuitos de comando motor), (4) los patrones de expresión facial y vocal, así como los

movimientos corporales, y (5) la naturaleza del estado emocional experimentado subjetivamente que refleja todos estos cambios componentes.”

#### ***5.1.4. Self Report***

El artículo de Scherer describe que como no existe (o existía) manera objetiva de medir la percepción subjetiva, parece que la única forma es preguntando a la persona su percepción. En el sistema de Scherer, el procedimiento seguido es en algunas ocasiones una lista de etiquetas de emociones con diferentes formatos de respuesta. Esta táctica de respuestas fijas tiene por un lado la ventaja de obtener eficiencia y estandarización de las respuestas, pero algunos inconvenientes, como el hecho de terminar forzando respuestas o limitando éstas a sinónimos cercanos.

En contra se usa a veces el ‘free-response format’, que tiene la ventaja de llegar a más precisión en las valoraciones subjetivas, pero con una menor capacidad de síntesis analítica cuantitativa. En este sentido Scherer (2005 pg. 713) propone la Geneva Affect Label Code (GALC) como solución práctica a este dilema. Un sistema que agrupa en 36 categorías las posibles emociones y todos los adjetivos o palabras que se pueden considerar sinónimos. De esta manera, casi cualquier descripción de una emoción puede ser después englobada en una de las 36 categorías.

De ahí Scherer avanza hacia lo que será la Geneva Emotion Wheel. (2005 p. 717) “Cuando la respuesta libre es contraindicada, tradicionalmente se han usado dos perspectivas, la ‘discrete emotions’, usando una categorización que se fundamenta en el uso de campos semánticos de la emoción en los lenguajes naturales” con Darwin (1998) como investigador implicado, [...] o “la perspectiva «dimensional». en la que su pionero Wundt (1905) quiso hacer una descripción de las emociones subjetivas a través de la introspección.” (Scherer, 2005). Estas emociones serían situables en un espacio tridimensional formado por las variables: valencia (positiva o negativa), arousal (calm-excited) y tensión (tenso-relajado). Debido a la dificultad de valorar la tercera dimensión, muchos teóricos actuales se limitan a una valoración bidimensional de valencia y arousal.

Todo esto se resume en un primer prototipo de la rueda Geneva, cuyo desarrollo y aplicaciones se describe también en Sacharin, Schlegel & Scherer (2012).

Existe un importante antecedente en la medición del "self report" aportado por Watson et al. (1988), al que denominaron PANAS scale. Esto es un método de medición que comprende unas escalas de 20 términos de efectos percibidos positivos y negativos y la intensidad relativa experimentada de éstos, sistema que según Merz (como se cita en Riopel, 2020) "ha alcanzado una notable estandarización para la medición de los cambios de estado de ánimo".

### **5.1.5. Self report vs. physiological**

A colación de la necesidad de hacer mediciones ‘subjetivas’, Juslin (2005) argumenta en su trabajo que la psicología moderna entiende las emociones como un conjunto de sentimientos subjetivos que van acompañadas de unas reacciones. Pese a haber sido la ‘self-report’ una manera de tener información de mano de los propios sujetos, Juslin considera que ésta manera de medición no es del todo fiable, "either because listeners confuse the emotions expressed in the music with their own emotions, or because the listener is reporting an emotion simply because this is expected by the experimenter, so-called ‘demand characteristics’"<sup>107</sup>. De ahí que se considere mucho más fiable la respuesta fisiológica, "including changes in heart rate, skin temperature, skin conductance, breathing and hormone secretion (see Hodges, 2010, for a recent review)."<sup>108</sup> Incluso parece que con mediciones múltiples es posible incluso discriminar el tipo de emociones experimentadas. "Different pieces of music can produce different patterns of physiological response (Krumhansl, 1997), such that it is possible to discriminate among emotions based on psychophysiological variables by using multivariate techniques (Nyklíček et al., 1997)."<sup>109</sup>, como también de la activación cerebral. (incluyendo áreas cortical y subcortical). También las mediciones electromiográficas (EMG) han sido documentadas bajo condiciones de laboratorio. Como una forma de medir las emociones. La música "hace reír, sonreír, llorar, fruncir las cejas, etc..." (Juslin, 2005).

### **5.1.6. Bucle**

Ehrlich et al. (2018) escriben sobre sistemas de medición de emociones en general y proponen una solución en bucle que incluye la respuesta emocional . "la investigación de las emociones humanas y los procesos mentales se suele hacer de manera lineal. Investigarlo en interacción

---

<sup>107</sup> "ya sea porque los oyentes confunden las emociones expresadas en la música con sus propias emociones, o porque el oyente informa una emoción simplemente porque el experimentador lo espera, las llamadas ‘características de demanda’"

<sup>108</sup> "incluyendo cambios en la frecuencia cardíaca, la temperatura de la piel, la conductancia de la piel, la respiración y la secreción de hormonas (ver Hodges, 2010, para una revisión reciente)".

<sup>109</sup> "Diferentes piezas musicales pueden producir diferentes patrones de respuesta fisiológica (Krumhansl, 1997), de modo que es posible discriminar entre emociones en función de variables psicofisiológicas mediante el uso de técnicas multivariadas (Nyklíček et al., 1997)".

con estímulos emocionales de manera de bucle cerrado complica las cosas y se ha hecho pocas veces. Utilizando EEG (electroencefalograma) y un BCI (brain computer interface) estudiamos los procesos mentales en esta interacción de bucle cerrado". Este concepto de bucle resuena intensamente con el objeto de esta investigación, en la que se pretende generar un bucle entre la música que suena y genera emociones, que a su vez está dirigida por las emociones a través de la medición de GSR (Galvanic skin response). " An initial calibration is employed to obtain user-specific models associating EEG patterns with affective content in musical patterns. These models are then used in online application to translate the user 's affect into a continuous musical representation; playback to the user results in closed-loop affective brain-interactions. The proposed BCI provides a platform to stimulate the brain in a closed-loop fashion, offering novel approaches to study human sensorimotor integration and emotions."<sup>110</sup> En este estudio se utiliza la subjetividad de los individuos para que ellos mismos describan sus emociones y éstas se van comparando a las respuestas de EEG, que se usan para hacer modelos emocionales que se usan para generar sonidos. Por otro lado en este estudio utilizan el Brain Computer Music Interface para trasladar actividad mental a sonido musical. "Music can be considered a combination of multiple harmonic, rhythmic and timbre components which change over time and thus form a musical piece", siguiendo los parámetros de Wallis et al. (2011).

Ehrlich et al. (2018) citan el trabajo de Damasio, valorando el papel crucial que juegan las emociones en los procesos mentales cognitivos: "His research suggests that emotions serve the function of an important regulator for higher-order brain mechanisms involved in reasoning and decision making"<sup>111</sup>.

Wallis et al. (2011) describen un sistema automático de generación Musical "Generative Music System" a través de la síntesis basándose en la investigación en música y emoción. Wallis et al. (2018) argumentan que el sistema de Scherer Geneva Emotion Wheel, no es compatible con

---

<sup>110</sup> "Se emplea una calibración inicial para obtener modelos específicos del usuario que asocian patrones EEG con contenido afectivo en patrones musicales. Estos modelos se utilizan luego en una aplicación en línea para traducir el afecto del usuario en una representación musical continua; la reproducción para el usuario resulta en -Interacciones cerebrales afectivas de bucle. El BCI propuesto proporciona una plataforma para estimular el cerebro en un circuito cerrado, ofreciendo enfoques novedosos para estudiar la integración sensoriomotora humana y las emociones ".

<sup>111</sup> "Su investigación sugiere que las emociones cumplen la función de un importante regulador de los mecanismos cerebrales de orden superior involucrados en el razonamiento y la toma de decisiones".

esta experimentación al tratarse de un sistema que no está "hecha para estudiar la relación entre emociones y conceptos musicales: "The most rigorously developed and accurate such models tend to be multidimensional models such as the Geneva Emotion Music Scale (GEMS) [6]. GEMS has nine dimensions: wonder, transcendence, tenderness, nostalgia, peacefulness, power, joyful activation, tension, and sadness. These nine dimensions can be factored down to three: sublimity, vitality, and unease. This model was designed for classification of induced musical emotions only, and no attempt was made to form relationships between musical features and emotions."<sup>112</sup> Por eso en este estudio se prefiere eludir el sistema de Scherer e ir a modelo x-y de arousal and valence [Circumplex Model de J.A.Russell (1980)]. Pero lo realmente interesante aquí es ver qué tipo de clasificación de elementos musicales han utilizado: Utilizando la guía de Gabrielsson and Lindström (como se cita en Juslin & Sloboda 2011), que "utiliza sobretodo conceptos estándar de la teoría musical", por eso Wallis et al. utilizan también la fuente de Perischetti como fuente para el desarrollo de parámetros de la investigación. Estos parámetros que van asignados a valencia y arousal van desde, Rhythmic Roughness, Tempo, Articulation, Harmonic mode, Upper Extension, Note Generation (loudness{velocity}, thickness {how many notes a la vez}, voice spacing y voice leading.

## **5.2. Medición respuesta fisiológica**

Validando la visión de Juslin de la importancia de la medición fisiológica vamos a ver algunas de las medidas que se han utilizado y con las que se ha experimentado en medición de las emociones en la música.

### **5.2.1. Pulsaciones cardíacas (Heart Rate)**

Watanabe et al. (2017) investigan la relación entre el Tempo y el HR (Heart Rate), partiendo de estudios anteriores donde se ha demostrado la influencia de la Música en el Sistema Autónomo nervioso. Suponiendo que estos efectos podrían depender de las oscilaciones

---

<sup>112</sup> "Los modelos más rigurosamente desarrollados y precisos tienden a ser modelos multidimensionales como la Escala Musical de Emociones de Ginebra (GEMS) [6]. GEMS tiene nueve dimensiones: asombro, trascendencia, ternura, nostalgia, paz, poder, activación alegre, tensión y tristeza. Estas nueve dimensiones pueden reducirse a tres: sublimidad, vitalidad e inquietud. Este modelo fue diseñado para la clasificación de emociones musicales inducidas únicamente, y no se intentó establecer relaciones entre características musicales y emociones ".

psicológicas de HR que tiene cada persona, se muestra esta relación de subida de HR, inducida por el tempo acústico teniendo en cuenta el HR basal individual. Esto viene a dar más argumentos sobre la necesidad de la atención al individuo en esta investigación. A tener en cuenta algunos de los resultados, por ejemplo, se concluía que el tempo debía subir un máximo de 2%/minuto para tener efecto sobre el Heart rate. Además también dependía del hecho de que el tempo tenía que ser mayor al HR de la persona para tener efecto real.

En una entrevista al cardiólogo Guerra, J.C. contesta a la pregunta: las personas tienen distintos FC de base? La FC tiene una amplia variabilidad dentro del rango normal (60 - 100 ppm). El ritmo normal del corazón se llama "ritmo sinusal". Los motivos para la variabilidad pueden ser motivos fisiológicos (miedo puede provocar taquicardia, el relax puede provocar que las pulsaciones bajen, o por motivos fisiológicos, en la respiración profunda aumenta o disminuye coincidiendo con la respiración (arritmia sinusal respiratoria) o durante la digestión (aumenta ligeramente). Una hiperventilación provocada o voluntaria puede dar una alteración en la bioquímica sanguínea, al expulsarse mucho CO<sub>2</sub>, produciéndose un cambio en el PH (alcalosis respiratoria), lo que a su vez provoca un aumento de la FC. Ejercicio físico, el estrés psíquico aumenta la frecuencia cardíaca (estrés emocional, o ansiedad, estados que provocan taquicardia). Se trata de descargas de adrenalina (hormona segregada en la glándula suprarrenal, sobre el sistema simpático). Parecido al cortisol, pero es adrenérgica.

En un estudio de 2013 se concluye Relación entre Regulación Emocional y Variabilidad de la frecuencia cardíaca. (Castillo et al., 2013).

Bretherton, Windsor et al. (2015). Describen un estudio que pretende solucionar la complejidad de las músicas utilizadas en la medición de sus efectos en la actividad cardiovascular (heart rate, presión sanguínea, variabilidad de ritmo respiratorio y HR). Se propone música simple, pero se controla el background musical y las condiciones de salud. Se demuestra que el HR está mediado por exposición previa, género y edad a la que se empezó educación musical....

### **5.2.2. Ritmo Respiratorio**

El ritmo respiratorio se ve alterado directamente por los tempos de las músicas escuchadas, aunque estos no tengan luego efecto en la percepción de Triste/Alegre, es decir de las emociones.

Khalfa et al. (2007) demuestran en un estudio que una canción alegre y rápida genera distintas reacciones que una triste y lenta, pero que estas diferencias no se debe solamente al tempo ni al ritmo, sino que es gracias a las notas también. Partiendo del estudio de Etel et al. (Khalfa et al., 2006) que decía que el rate de respiración permite diferenciar entre alegre y triste trozos y lo cual se puede atribuir al arrastre de la respiración para el ritmo o tempo en lugar de las emociones. Se observó que mientras que sí que se alteraba el 'entraînement' (es decir el arrastre de la respiración a HR) en la versión de "beat alone" y de "control", pero no el 'happy y sad'. Por tanto aquí quedaba claro que eran necesarias variaciones de notas. Faltaría demostrar que una respiración más acelerada provoca más estrés, y por lo tanto es un recurso para que el jugador esté menos tranquilo. (ver Bretherton et al. en siguientes capítulos).

### **5.2.3. Conductancia de la piel**

Por su facilidad de medición en tiempo real, la conductancia de la piel o Galvanic Skin Response (GSR) es un método muy utilizado para monitorizar la respuesta fisiológica emocional de los individuos estudiados.

VanderArk, S. D., & Ely, D. (1992), en su estudio controlan efectos de GSR pero además en endorfinas y cortisol de la sangre, en este caso en estudiantes de música y estudiantes de biología, los resultados indican que los estudiantes con educación musical tienen efectos distintos al estímulo de la música. Lo que sugiere que tienen una escucha más analítica de la música.

En el citado estudio de Dainow (2015) se analiza la literatura con experimentos que relacionen los efectos de la escucha musical. Se consideran aspectos metodológicos, la responsividad de

individuos musicales y no musicales. avisos para futuras investigaciones. El estudio abarca el origen y historia del uso del GSR como medidor de la respuesta a estímulos musicales. Según Dainow, "Weschler (1925), Misbach, and Davis (1934) related GSR to emotional response to music"<sup>113</sup> y sigue enumerando varios autores hasta que comenta que parece llegar a la conclusión de que es un método limitado en su estandarización: "despite the enthusiasm of Zimny and Weidenfeller for the "advisability of using GSR... in studies of emotional effects of music (1963, p. 313), results will continue to be diffuse until some standards and research objectives are agreed upon."<sup>114</sup>

#### **5.2.4. Dual Analysis**

Dainow también recoge impresiones de problemas metodológicos con este tipo de mediciones, y en concreto habla de una variable que afecta mucho a esta medición: el requerimiento de la respuesta verbal. Es decir, si el sujeto es obligado a verbalizar sus reacciones, esto afecta increíblemente la respuesta autonómica, es decir que dar una respuesta vocal aumenta la tensión previa. Dainow también comenta el hecho de ser necesario una valoración subjetiva, para hacer esto DeJong et al y Oléron hicieron una medición y luego, después de escuchar de nuevo la música, hicieron a los participantes valorar sus respuestas.

Este concepto podría ser clave en un estudio como éste. Donde sería interesante disponer de varias mediciones, una por ejemplo siendo el GSR o el HR, y además plantear mediciones subjetivas de "self-report".

Dainow habla de respuesta objetiva y subjetiva "The relationship between subjective and objective response is one of the oldest problems in psychology. Several studies assessing the physical effects of musical stimuli while attempting to correlate physiological measures with subjective or affective responses have found little correlation between the two types of

---

<sup>113</sup> "Weschler (1925), Misbach y Davis (1934) relacionaron GSR con la respuesta emocional a la música"

<sup>114</sup> "a pesar del entusiasmo de Zimny y Weidenfeller por la" conveniencia de utilizar GSR ... en estudios de los efectos emocionales de la música (1963, p. 313), los resultados seguirán siendo difusos hasta que se acuerden algunos estándares y objetivos de investigación "

response measures (Misbach; Oleron and Silver; Taylor; Wagner)."<sup>115</sup> En experimentos sobre esta problemática los participantes pese a no tener diferencias en fatiga muscular según música rápida, lenta, silencio, o white noise, sí que tenían percepción de que su actuación era mejor (nelson & Finch). O los trabajadores que pensaban haber producido más si habían trabajado con música (aunque no era cierto).

El artículo de Dainow termina todavía con algunos interesantes puntos: La relación entre respuesta objetiva y subjetiva si que concuerda según algunos investigadores. "Measuring affect on a like-dislike scale and effect on a "much effect-no effect" scale, Ries found no correlation between GSR and affect, and a correlation for GSR and effect of extraverted subjects only. RA, however, correlated with both"<sup>116</sup>

Aunque quizá la conclusión más pertinente, y que es necesario aceptar, es la que resume este fragmento: "Since more studies have opposed rather than supported this relationship, it must be concluded that little if any correlation exists between the subjective and objective responses to music."<sup>117</sup> Lo cual refuerza la idea de la dificultad que entraña el hecho de querer medir las complejidades de la respuesta emocional. Aún así, hay casos de experimentación exitosos donde gracias a las mediciones se ha podido sacar alguna conclusión cuanto menos orientativa.

### **5.3. *Experiencias previas***

A modo de referencia, a continuación se incluyen algunas conclusiones, ejemplos y referencias de algunas experimentaciones anteriores donde se ha efectuado una medición de las emociones a partir de los efectos de una música.

---

<sup>115</sup> "La relación entre la respuesta subjetiva y objetiva es uno de los problemas más antiguos de la psicología. Varios estudios que evaluaron los efectos físicos de los estímulos musicales al intentar correlacionar medidas fisiológicas con respuestas subjetivas o afectivas han encontrado poca correlación entre los dos tipos de medidas de respuesta (Misbach ; Oleron y Silver; Taylor; Wagner) ".

<sup>116</sup> "Al medir el afecto en una escala de agrado-desagrado y el efecto en una escala de" mucho efecto-ningún efecto ", Ries no encontró correlación entre GSR y afecto, y una correlación para GSR y el efecto de sujetos extravertidos solamente. Sin embargo, RA se correlacionó con ambos "

<sup>117</sup> "Dado que más estudios se han opuesto en lugar de apoyar esta relación, se debe concluir que existe poca o ninguna correlación entre las respuestas subjetivas y objetivas a la música".

### 5.3.1. Mediciones en otros trabajos

En el siguiente cuadro resumen, se puede observar algunos datos sobre experimentaciones con medición de las emociones, en los que se observa el principio de análisis múltiple:

Autor	Año	Mediciones
Thayer	1983	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ IBI <b>heart rate</b> interbeat interval</li> <li>→ ACT General <b>somatic activity</b></li> <li>→ SCL <b>Skin conductance</b> Level</li> <li>→ <b>Pulse transmission</b> times to the finger</li> <li>→ <b>Finger pulse</b> amplitude</li> <li>→ AXN Continuous <b>self-report</b> of anxiety (starring method del 1 al 10). Contductancia, temperatura, ritmo cardíaco.</li> </ul>
Khalifa, Roy et al.	2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Diastolic <b>Blood Pressure</b></li> <li>→ <b>Electrodermal</b> activity</li> <li>→ <b>zygomatic</b> Activity</li> <li>→ <b>Respiration</b> rate</li> </ul>
Etzel, Johnsen, et al	2006 Citado en Khalifa et al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>Electrodermal</b> responses</li> <li>→ <b>Facial Muscles</b> activity</li> <li>→ <b>Blood</b> pressure</li> <li>→ <b>Heart rate</b></li> <li>→ <b>Respiration</b> rate</li> </ul>
Bretherton, Windsor et al.	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>Cardiovascular</b> Activity</li> <li>→ <b>Heart Rate</b></li> <li>→ <b>Blood</b> Pressure</li> <li>→ <b>Respiration</b></li> <li>→ <b>Heart Rate</b> variability.</li> <li>→ Baroreflex sensivity.</li> </ul>

### 5.3.2. Sugerencias

Dainow afirma que "Early investigators found that the intensity, and occasionally the duration of reactions had a strong correspondence with the loudness of the music (Couty and Charpentier; Dogiel; Lombard; Fere; Mentz; Misbach)"<sup>118</sup> debido a eso "Subsequent studies

<sup>118</sup> "Los primeros investigadores descubrieron que la intensidad y, en ocasiones, la duración de las reacciones

have therefore generally controlled volume intensity for different selections."<sup>119</sup>.

En contraposición, se explica que Zimny se defendió en su estudio de esto comparando la presión sonora de sus selecciones a las que no vio diferencias. Aunque no parezca un hecho definitivo, se puede tomar en cuenta.

Otro concepto a tener en cuenta es "el rol de la atención" o la "supresión de la actividad motora" que causa tensión. Dainow habla también de un fenómeno observado referido al conocimiento y entendimiento de la situación "physiological responses of the listener can be affected strongly by increased knowledge and understanding"<sup>120</sup> (Dainow, 1977 p. 217).

Acerca del "análisis dual" ya comentado anteriormente, Dainow cita como consejos para la investigación futura, entre otros, la atención a la posible "contaminación" por requerimientos de respuesta verbal, así como también la atención a la multimodalidad, entendiendo que la escucha musical puede involucrar más que la mera injerencia sensorial (como el análisis intelectual o la crítica). También alerta de la necesidad de prestar atención a la respuesta a distintos estilos musicales o "modos" de escucha.

Otra cosa interesante, parece que hay más respuesta a las agujas que a la música. Dainow comenta que para obtener mejores resultados se podrían elegir personas más responsivas, entre los que incluye a músicos y a niños y utilizar músicas que ya conozcan previamente.

Thayer & Levenson (1983), han experimentado con los efectos de la música en una película. En su artículo hace referencia a un estudio de Winold (1963) en el que medía los cambios en la conductancia de la piel a raíz de la audición de acordes musicales con distintos tipos de tensión (disonancias), donde curiosamente también hacía alusión a las distintas teorías de la armonía, que tienen una tendencia a la clasificación más funcional que a la estrictamente musical.

---

tenían una fuerte correspondencia con el volumen de la música (Couty y Charpentier; Dogiel; Lombard; Fere; Mentz; Misbach)"

<sup>119</sup> "Por lo tanto, estudios posteriores han controlado generalmente la intensidad del volumen para diferentes selecciones".

<sup>120</sup> "Las respuestas fisiológicas del oyente pueden verse fuertemente afectadas por un mayor conocimiento y comprensión"

Labbé, Schmidt et al (2007), escriben un artículo donde se mide la respuesta a un estímulo estresante mediando distintos tipos de música: Clásica, Heavy Metal, Silencio, etc.

Thayer & Levenson (1983) acrecientan la respuesta electrodérmica enfatizando con sonidos la naturaleza traumática del film. Speisman et al. (1964). Estudio que demostraría que la apreciación cognitiva se ve afectada por las respuestas corporales a situaciones de estrés (la música era utilizada para inducir distintas emociones sobre un mismo film), se medía conductancia de la piel, heart rate y arousal indicator.

Valgan estas experiencias como base previa a la experimentación que se propone en este trabajo, sobre las que avanzar en búsqueda de nuevas conclusiones.

#### **5.4. Antecedentes de medición fisiológica en juegos.**

En la historia reciente de los Videojuegos han habido propuestas de medición fisiológica integrada en la experiencia de juego. Al parecer este tipo de propuestas no han tenido demasiado éxito.

##### **5.4.1. *Vitality Sensor Wii.*<sup>121</sup>**

Producto anunciado en 2009 que consistía en un sensor de frecuencia cardíaca y "otras mediciones" . La idea no funcionó como era esperado y el proyecto se canceló en 2013.

##### **5.4.2. *Bio sensor Nintendo 64.*<sup>122</sup>**

Diseñado para ser utilizado con Tetris 64 y lanzado en el mercado nipón, se trataba de un sensor de Frecuencia Cardíaca alojado en el lóbulo de la oreja. A más frecuencia cardíaca, el juego se volvía más complicado.

---

<sup>121</sup> [http://nintendo.wikia.com/wiki/Wii\\_Vitality\\_Sensor](http://nintendo.wikia.com/wiki/Wii_Vitality_Sensor)

<sup>122</sup> [http://nintendo.wikia.com/wiki/Bio\\_Sensor](http://nintendo.wikia.com/wiki/Bio_Sensor)

## **6. DE LA MÚSICA A LA IMAGEN. MÚSICA Y EMOCIONES EN EL FILM.**

Algunos teóricos han investigado cómo se traslada el efecto de la música sobre las emociones en el contexto audiovisual, es decir añadiendo el ingrediente visual a la música.

Cohen (2001 p. 250), escribe que "las emociones caracterizan la experiencia de la música, y del filme". Según Cohen, la música para el film fue obviada tanto dentro de la musicología como de la psicología hasta que él mismo y otros autores como Marks o Pendergrast trataron el tema en su obra. Las razones de esto son complejas, pero también en parte se debe a que se trataba inicialmente de "una música compuesta con la idea de que no iba a ser escuchada con atención".

Cohen (2001 pg. 251) habla de analizar cómo se transmiten al film teorías de las emociones en la música "pura", música per se. Entre los autores que cita están Juslin 1997 y Levi 1982 que analizan la contribución de la música al significado emocional o Pignatiello et al 1986 acerca del establecimiento de un estado de ánimo, o la experiencia de genuinas y profundas emociones como ha sido citado en esta tesis anteriormente (Gabrielsson, 1998; Gabrielsson & Lindström, 1993; Sloboda, 1985 - 1992; Cohen, 2001 p. 250).

Mosquera (2013) cita a Baumgartner, Lutz, Schmidt & Jäncke (2006), quienes comprobaron que las imágenes acompañadas de música evocan en los individuos respuestas cognitivas de la percepción de la emoción, experimentando fuertes sensaciones y experiencias, captando en mayor medida la intención de las imágenes y observaron cómo el entendimiento emocional 'cognitivo' pasa a ser una experiencia emocional intensa al acompañar las imágenes con música.

### **6.1. Emoción vs estado de ánimo en el film**

Cohen (2001), argumenta que en el contexto de un film es más fácil separar conceptos como "mood" y emoción. "Aunque 'mood' y 'emotion' se pueden ver como disposiciones hacia la evaluación de estructuras de significado emocional y una cierta preparación para responder de cierta manera, los 'moods' no tienen objeto, pero las emociones sí" aquí Cohen se sustenta en

Barret & Russell 1999, o Tan 1996 para apoyar esa diferenciación de estos términos con respecto a la presencia de un objeto. Y sigue: “Estos objetos, no son tan evidentes en el contexto musical, pero sí en el contexto del film. Por ejemplo, para experimentar la emoción de alivio, se necesita un objeto de esa emoción, como la llegada de un viaje traicionero [...] Como que el contenido del film muestra el objeto de emoción generada en la música, el film ayuda a controlar la definición del objeto de la emoción”.

## **6.2. Inicios de la Música en el Film.**

La música en el film nació como un artilugio funcional para disimular ruidos, (Cohen, 2001 p. 250) “Desde sus inicios, la música en el film tuvo la función de tapar el extraño ruido producido por el proyector” y se amplió su funcionalidad al apoyo al relato: “también se explotó la música para ilustrar y explicar la acción (Palmer, 1980 p. 549)” . Esto fue evolucionando hasta convertirse en un sistema de representación de estados de ánimo: “pese a la corta duración del problema de ruido, la importancia de la música perduró para crear una industria de la música para cine, donde se incluyeron publicaciones de antologías de música para representar distintos estados emocionales”. Como da a entender Cohen (2001, p. 251). Para el psicólogo Hugo Münsterberg (como se cita en Cohen 2001), testigo del nacimiento del cine, y la primitiva incorporación de los efectos de sonido con ingeniosos artefactos como el "allefex", y la música, ésta última “alivia tensión, mantiene interés, proporciona confort, refuerza la emoción y contribuye a la experiencia estética (Münsterberg 1970, p.205)”.

Cohen, (2001, p. 252) argumenta que con la llegada en 1927 del cine sonoro, en un principio se intentó obviar la música, pero en poco tiempo se vio que ésta era echada en falta "La pantalla perdía parte de su vitalidad". "Algunos teóricos y compositores comentaron que la música añade una tercera dimensión a la pantalla de cine bidimensional (Palmer 1990, Rosar 1994):" "Aaron Copland (1941) stated 'the screen is a pretty cold proposition'. Film composer David Raksin (in Brown 1994, p. 282) referred to Nietzsche's idea 'without music, life would not be worth living'".

### 6.3. Efectos de la música en la percepción del espectador audiovisual

En 1964, Speisman et al. utilizaron la música en un audiovisual para demostrar cómo la **apreciación cognitiva** se ve afectada por las respuestas corporales (emociones) a situaciones de estrés. A través de la visualización de una circuncisión acompañada de diferentes versiones de una banda sonora que pretendía cada vez conseguir un efecto distinto (destacar el trauma, negarlo presentándolo como un proceso feliz y intencionado, intelectualizarlo o el uso finalmente del silencio). Speisman et al. generaban con la música distintos estados de ánimo asociados a la misma imagen y medían la respuesta con GSR y HR. Esto permitía observar las diferencias en la apreciación cognitiva en función de las emociones asociadas a las situaciones de estrés.

Thayer & Levenson (1983) midieron también los efectos de la música en la percepción audiovisual. En su experimento se componían dos músicas distintas para un film de seguridad laboral en el que aparecían imágenes chocantes de un accidente y se visualizaba sin música, con música de horror, o con música de documental. Midiendo GSR, HR y somática y haciendo uso también del Self-report. Los resultados indicaban que la música conseguía aumentar o disminuir el estrés. Los resultados de este estudio eran vistos como "soporte experimental preliminar para la eficacia de las bandas sonoras para manipular el nivel de estrés de los films."

En esos años Thayer denunciaba la poca información que hay al respecto de los efectos de la música, y por lo tanto, que quien utilizaba la música con esos fines actuaba en plena ignorancia. (Thayer & Levenson, 1983 p.1). Thayer comenta que una publicación 'reciente' de Hodges (1980) hablaba exhaustivamente del tema. En ella Haack (1980) hace una revisión de contextos de influencia en el comportamiento. Pero se concluye que, aunque hay evidencias de esa influencia, no hay documentación de cómo exactamente funciona ese proceso.

Siguiendo la idea de 'Análisis dual', en otros estudios se comentan otros tipos de técnicas usadas para la medición de los efectos de la música haciendo escuchar distintos tipos de música a los individuos y luego reportar sus estados emocionales percibidos, por ejemplo Bonny & Savary (1973), Hevner (1937) (citados en Juslin 2005). En ellos se suele utilizar la distinción

de GASTON (1951) (como se cita en Dainow 1977) entre música estimulativa o sedativa para clasificar pasajes musicales.

Moviéndose en otros campos del espectro sonoro, Speisman et al. (1964) pudieron acrecentar y disminuir la respuesta electrodérmica de un film, añadiendo estímulos con diálogos que enfatizaban la naturaleza traumática del film o el contrario.

También en otros estudios se trató el condicionamiento psicológico previa a la visualización de un film, lo que podría indicar también el efecto de la música sobre la psicología del espectador. Lazarus, Koriat, Melkman, Averill (como se cita en Thayer & Levenson, 1983) utilizaron films con diálogos después de hacer otros procesos de desensibilización previa, y no musicales, y realmente funcionaban, ya que las instrucciones para desapegarse del contenido reducían el ‘arousal’ percibido.

El experimento de Thayer & Levenson (1983) constituye un ejemplo a seguir con algunas actualizaciones para esta investigación. La medición de respuesta fisiológica está bien documentada y consistía en el control de las pulsaciones (HR) por un lado, la actividad somática se medía con un detector de movimiento bajo la silla, hoy en día sería posible utilizar el kinetic system. La conductancia de la piel (GSR) y las transmisión de pulsaciones en el dedo. Todo ello se hacía antes, durante y después de visualizar el film.

Interesantes también resultan las conclusiones sacadas de este trabajo, las más importantes:

- Psicológicamente la medición se limita al GSR.
- El HR no queda alterado pero si la conductancia, algo común en experimentos así.
- EL GSR es lo que da más resultados.
- En este estudio si hay movimiento de HR.
- En un modelo propuesto por Fowles (1980) se divide ‘arousal’ en activación de la conducta vs. inhibición de la conducta. Heart rate se asocia a activación y electrodermal se asocia a inhibición. Asociado a la ANSIEDAD. Si este modelo persiste: manipulaciones que alteran la ansiedad (como las bandas sonoras), afectarían más a la conductancia de la piel que al heart-rate.
- Cómo la música afecta estos cambios no se puede determinar con exactitud con este estudio. Pero mediación con la alteración de la evaluación cognitiva si.

- Hipotesis: ciertos tipos de música se asocian a estados cognitivos de emoción. Respuesta condicionada.
- Hipotesis 2: Anticipación en la respuesta de estrés. Sobre esto se hizo un experimento con dos versiones distintas del video con y sin etapas de anticipación.

## **7. EMOCIONES Y MÚSICA EN EL ENTORNO INTERACTIVO**

Ya se ha comentado en esta tesis la poca literatura existente relacionada con la experimentación de las emociones en la música en el entorno interactivo. Pese a eso, contamos con algunos teóricos destacados.

Collins (2013 p. 22): “En cine, el audiovisual hace SENTIR de maneras respecto a cosas, en los juegos les hace ACTUAR de maneras”. Se lleva el asunto a un grado más en cuanto a la acción. El film actúa en las personas, pero en los juegos las personas actúan con el juego. Además hay que añadir el efecto de artilugios externos interfaces físicas, etc. Además de extensión del ambiente sonoro “

Cassidy & MacDonald (2010) han experimentado con los efectos de la música en un videojuego, teniendo en cuenta el nivel de familiaridad con los videojuegos de los individuos estudiados (regularidad del juego). Utilizando variantes en el audio que comprendían 7 condiciones sonoras: "(1) silence; (2) car sounds; (3) car sounds with self-selected music, and car sounds with experimenter-selected music; (4) high-arousal (70 bpm); (5) high-arousal (130 bpm); (6) low-arousal (70 bpm); and (7) low-arousal (130 bpm) music."<sup>123</sup> La medición consistía en el análisis de 6 eventos del juego: (tiempo, precisión, velocidad y percepción retrospectiva de estos), y cuatro medidas de auto-percepción (distracción percibida, agrado, adecuación y disfrute). Los resultados indicaban que la auto-selección del material musical provocaban una mayor involucración en la actividad, en contra de la música desconocida. Esta experimentación utiliza el análisis dual basándose en resultados de juego como método cuantitativo.

Hébert et al. (2005). Dando por hecho el amplio espectro de posibilidades de medición

---

<sup>123</sup> "(1) silencio; (2) sonidos de automóviles; (3) sonidos de automóviles con música seleccionada por uno mismo y sonidos de automóviles con música seleccionada por el experimentador; (4) alta excitación (70 bpm); (5) alta excitación (130 bpm); (6) baja excitación (70 bpm) y (7) música de baja excitación (130 bpm)".

fisiológica como análisis de la respuesta emocional en los videojuegos: "Recent studies on video game playing have uncovered a wide range of measurable physiological effects on the organism, such as increases in cardiovascular activity and breathing responses"<sup>124</sup>, basan su estudio en el análisis del hormona cortisol en la sangre

Hébert et al. (2005). Relaciona el efecto del sonido y la música con las cantidades de cortisol encontradas en la sangre, a través de la saliva.

Ravaja et al. (2006), conducen una medición de emociones para valorar la influencia del nivel de familiaridad con el oponente en un videojuego, utilizando 'self-report', y mediciones fisiológicas de Frecuencia Cardíaca y Electromiograma (EMG) Facial. Concluyen que la interacción en el juego con un oponente humano acrecienta la respuesta emocional.

En un estudio piloto de Williams, D. (2018a), se quería medir los efectos que tenían sobre los sujetos el uso de un sistema de composición algorítmica controlado por las emociones, Affectively-Driven Algorithmic Composition (AAC), en sustitución de las piezas musicales en un videojuego. La medición del impacto emocional se basaba en self-report y, pese a que se obtenían resultados en la congruencia emocional de los efectos generados, también se observaba un descenso en el efecto inmersivo.

Williams utiliza también el EEG (2018b) como método de selección musical automatizada y la manipulación de un videojuego que utiliza música preseleccionada por el propio jugador. Según Williams, la tecnología EEG es una elección común para la medición cerebral, pero con datos difíciles de interpretar: "EEG is a common choice for measuring electrical brain activity due to its non-invasive nature and relatively affordable and customisable hardware. However, interpreting meaningful information within EEG is a challenging task. Problems with noise inherent in complex signals that overlap into frequency or time-based ranges are commonly faced in BCI research. The quality of hardware components can make a significant difference in improving the signal-to-noise ratio and the ultimate success of mapping brainwaves to task

---

<sup>124</sup> "Estudios recientes sobre el juego de videojuegos han descubierto una amplia gama de efectos fisiológicos medibles en el organismo, como el aumento de la actividad cardiovascular y las respuestas respiratorias".

related functions."<sup>125</sup>

Más recientemente, Granato (2019) estudia el diseño de una metodología de medición de emociones en los videojuegos, partiendo del multi análisis fisiológico, y sugiriendo el uso de estos sistemas para la innovación en los videojuegos.

## **8. ADAPTACIÓN INDIVIDUALIZADA**

Sentadas las bases teóricas que representan el campo de la investigación de las emociones en la música y el contexto audiovisual interactivo, veamos ahora cómo crear un entorno en el que las características individuales del jugador puedan ser determinantes para el desarrollo del juego, y más concretamente, para ceñirnos al área de interés de esta tesis, el desarrollo de la música del juego.

Hemos visto los efectos que tiene la música sobre las personas a muchos niveles, y también las diferencias subjetivas que hay entre individuos que escuchan una misma música.

Si el objetivo de la música "diseñada" para un videojuego es ir más allá de la experiencia estética y proporcionar una herramienta que colabore en la inmersión del jugador en la historia y en la acción es muy posible que se pueda mejorar esa función si atendemos a la individualidad emocional del sujeto jugador.

### **8.1. 'Escuchar' al jugador**

Como hemos visto, hay dos maneras de escuchar la situación emocional del jugador. Una de ellas la medición de respuesta fisiológica y la otra la monitorización de la experiencia subjetiva reportada por el mismo jugador. Estas dos formas de escuchar al jugador son susceptibles de entrar a formar parte de las variables que conforman el diseño del Sistema Musical Interactivo (SMI), de manera que los datos detectados en el individuo tengan consecuencias perceptibles

---

<sup>125</sup> "El EEG es una opción común para medir la actividad eléctrica del cerebro debido a su naturaleza no invasiva y su hardware personalizable y relativamente asequible. Sin embargo, interpretar información significativa dentro de EEG es una tarea desafiante. Los problemas con el ruido inherente a las señales complejas que se superponen en rangos de frecuencia o basados en el tiempo se enfrentan comúnmente en la investigación de BCI. La calidad de los componentes de hardware puede marcar una diferencia significativa en la mejora de la relación señal-ruido y el éxito final de mapear ondas cerebrales a funciones relacionadas con la tarea."

en la música que se está escuchando. De esta manera se genera un circuito cerrado en el que la música genera unas reacciones que a su vez generan cambios en la música, dando lugar a un ecosistema potencialmente susceptible de aumentar la sensación de interactividad entre el juego y el jugador.

Como se ha visto hay varios métodos más populares como HR o GSR para la medición fisiológica y algunos otros para el "self report" como la escala PANA o Geneva Wheel, pese a que más que pedir a los sujetos que puedan describir sus emociones exactas, el interés de esta experimentación es en recoger sus impresiones subjetivas, por lo que la simple formula Pregunta-Respuesta nos puede ser útil también.

## **8.2. Definición del entorno para la experimentación y concreción de la medición**

Para llevar a cabo la experimentación es necesario disponer de dos modelos de experimento.

### ***8.2.1. Modelo A. SMI Individualizado.***

En este caso vamos a crear un SMI diseñado para responder a la monitorización del individuo, es decir, que incorpore datos observados en el individuo en su funcionamiento con el objetivo de que la música escuchada sea en algunos de sus aspectos única para cada jugador. Las partes individualizadas van desde los "timings" en los que el SMI genera cambios, que estarán basados en la información que proporciona el jugador, hasta algunos aspectos de la composición musical (armonía, tempo, instrumentación, etc). Las mediciones que tienen por objetivo alterar el comportamiento del SMI, son llamadas MEDICIÓN ACTIVA.

### ***8.2.2. Modelo B. SMI Estándar.***

En este segundo modelo se va a hacer una utilización estandarizada del SMI, basado como es usual, en las acciones que hace el jugador en el juego. Para simplificar, y basándose en un juego de tipo arcade, se utilizará los cambios de nivel y pantalla (o las zonas de distinta dificultad dentro del juego) para hacer alterar la respuesta musical.

Por otro lado, con tal de observar el efecto de la individualización del sistema, se va a efectuar una monitorización de elementos del juego que puedan ser utilizados para medir el efecto del sistema, lo que llamaremos Medición PASIVA o analítica.

### **8.2.3. Medición activa**

Llamaremos medición "activa" a las mediciones que se efectúen en el jugador que vayan a ser utilizadas en tiempo real para alterar el comportamiento del SMI. Utilizamos mediciones cuantitativas de respuesta fisiológica y también mediciones cualitativas "self report" que puedan extraerse del comportamiento del jugador(movimientos, verbalización, etc)

- **(GSR)** Para partir desde algún punto, es necesario empezar por mediciones que sean fiables y con las que se pueda trabajar bien. El GSR ofrece datos actualizados en tiempo real que permiten comprobar la reacción fisiológica del jugador. Es por eso que utilizaremos esta medición como punto de partida. Los niveles de conductividad de la piel se van a tomar como base para generar cambios en el SMI.
- **(HR)** La medición de pulsaciones cardíacas no tiene un seguimiento tan fácil e inmediato como el GSR, pero puede resultar útil conocer el estado inicial del jugador y aplicar esos datos como una variable más que modifique el SMI.
- **Exteriorización de emociones (Self report).** Mediante la observación de movimiento del jugador, o bien atendiendo a exteriorizaciones de su estado emocional se puede también tomar en cuenta la emocionalidad percibida subjetiva del jugador.

### **8.2.4. Medición pasiva**

Con esta medida se pretende recoger datos del juego realizado por el individuo con tal de valorar qué efectos ha podido tener el cambio de MODELO de SMI en la jugabilidad del sujeto y su experiencia:

- **Resultados del juego.** Recoger la puntuación obtenida, el resultado, el punto del juego al que se ha llegado, etc.
- **Tiempo** transcurrido para superar un nivel concreto.
- **"self report".** Experiencia subjetiva del jugador.

## **9. EXPERIMENTO**

### **9.1. Objetivos**

Crear una experiencia de Juego basado en un **Sistema de Música Interactivo (SMI)** que seleccione música teniendo en cuenta la variabilidad individual del sujeto jugador, bien utilizando sistemas de medición fisiológica o bien de autopercepción.

Demostrar los efectos en la ‘inmersión’ o experiencia de juego subjetiva que pueda tener la música si se selecciona **en función del estado de ánimo del jugador**, en vez de hacerlo desde el punto de vista de la acción del juego. Comprobar si es más efectivo y se adapta mejor el juego a las experiencias individuales.

Experimentar la diferencia entre un juego que no atiende al individuo y uno que si. Para ello crear dos versiones del juego (Modelo A y Modelo B), una que tenga en cuenta los procesos psíquico-emocionales del jugador en el sistema de selección musical (y de sonidos), y otra que no. Mediante la composición musical específica para esta experiencia.

Utilizar un sistema de selección musical que atienda a los procesos medibles que indican las emociones.

### **9.2. Diseño experiencia de juego**

En el diseño de la experimentación es necesaria una experiencia de juego que comporta dos partes diferenciadas. Por una parte la experiencia visual interactiva del juego y por otra parte la experiencia sonora/musical. Dado que el objeto de esta investigación se basa en la observación de la influencia de la música en los resultados del juego y/o en la experiencia de inmersión en el mismo, se hace por un lado importante el diseño del **Sistema Musical Interactivo (SMI)** y pasa a ser secundaria la parte visual y experiencial, la cual basta con que sea una experiencia de juego de suficiente calidad y profesionalidad en el diseño como para generar la experiencia equilibrada de juego. Para eso se va a utilizar la fórmula de un videojuego pre-existente con el que sea factible asociar el SMI.

Por otro lado el SMI debe estar diseñado para responder a las exigencias de la experimentación. Esto es ser responsivo a las mediciones fisiológicas que se vayan tomando a través de los sistemas propuestos (descritos más adelante), para ir desarrollando una banda sonora interactiva adaptada a la individualidad.

Se pretende una especie de traslado del protagonista emocional del Juego, pasando de ser el personaje en pantalla que experimenta unas emociones reflejadas por la música, a ser el propio jugador que marca de alguna forma las pautas de la respuesta musical, siendo la experiencia más realista y por tanto más inmersiva.

En definitiva se plantea un cambio de orden en la secuencia de eventos que participan en la generación de emociones en la videojuego, dando lugar así a una experiencia de juego más centrada en aspectos individuales del jugador (Fig.1).

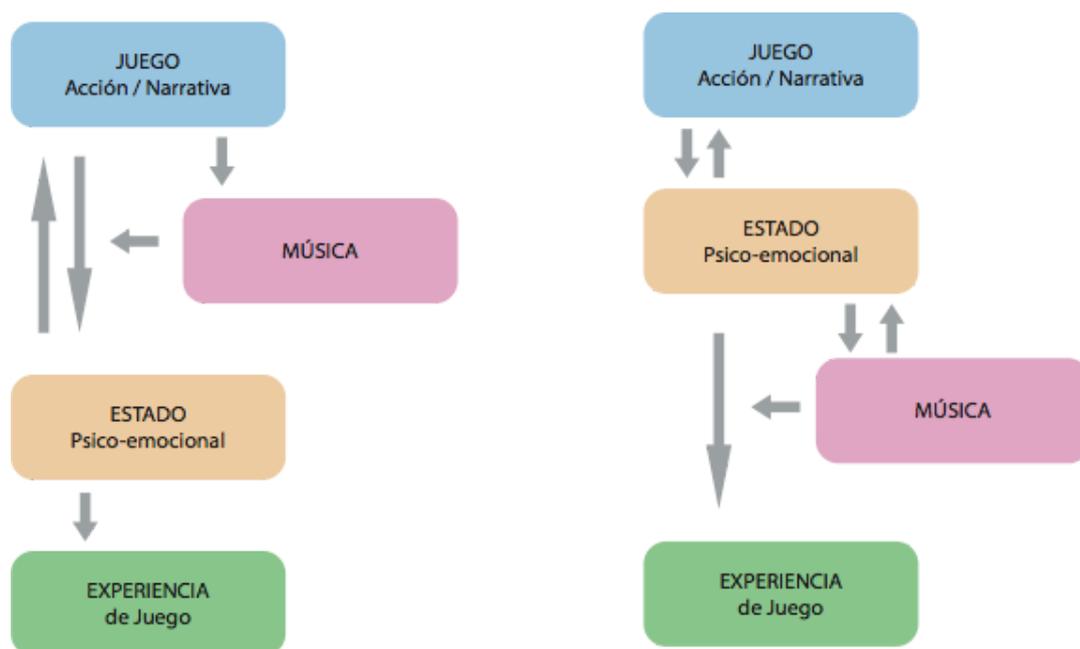


Fig. 1 - Esquema traslado de la posición que ocupa la música entre los factores internos generadores de emociones en el videojuego.

El SMI debe responder al estado "emocional" de la persona y no del estado del juego o las acciones realizadas, convirtiéndose la propia persona así en el origen inconsciente de los cambios a través de sus reacciones emocionales. La música que suena es, pues, la expresión de cómo se siente la persona en lugar de ser una imagen de cómo se debería sentir en función del estado del juego.

El sistema debe partir de un estado musical 'medio' ni muy relajante, ni muy estresante. Permitiendo así varias posibilidades, en sentido ascendente (incrementando la excitación) o descendente (disminuyendo la excitación). Como describen algunos autores (Thayer & Levenson, 1983), la música reduce o aumenta el estrés. No solo eso, sino que Peretti y Swenson (1974) demuestran que la música puede alterar la respuesta de las personas a otros estímulos, afectando al estado psicológico inicial.

El juego debe tener varias modalidades de juego entre las que estaría la modalidad de control, con el SMI dirigido por algún aspecto del desarrollo del juego (sistema tradicional).

### **9.3. Videojuego**

La solución a la parte visual de la experiencia de juego es la utilización de juegos clásicos de las etapas primitivas en el desarrollo de los videojuegos. Existen varios portales en internet que ofrecen versiones simuladas de los juegos de primera generación de Atari. Por sus posibilidades técnicas, estos juegos tienen la característica de que el audio que incorporan se limita a efectos de sonido de 8 bits y sin música. A la vez se trata de juegos con una evidente calidad en el diseño de la experiencia, ya sea por el nivel de aceptación comercial que tuvo en su momento o por tratarse de juegos de producción de alto nivel.

Un posible juego es halo 2600<sup>126</sup>. Pero tras algunas experimentaciones se ha optado por otro juego clásico que es también accesible en internet en su versión html5: "Wolfenstein 3D"<sup>127</sup>, el cual permite seleccionar un modo de juego sin la música original. La ventaja respecto a Halo

---

<sup>126</sup> <http://www.virtualatari.org/soft.php?soft=Halo2600>

<sup>127</sup> <http://wolf3d.atw.hu/>

2600 es que las partidas son más largas (incluso en jugadores inexpertos) y da unas puntuaciones al finalizar la partida (lo que es útil como medición pasiva). El hecho de que tan solo cuenten con efectos de sonido, facilita la incorporación de músicas y de un sistema de SMI que se pueda mezclar y sumar a la experiencia de juego con relativa sencillez.

El "output" sonoro del juego online se conducirá y mezclará en el ordenador central para sumar el "output" del SMI en los oídos del jugador, que experimentará una experiencia unitaria de sonido y música.

#### **9.4. Diseño Sistema Musical Interactivo (SMI)**

Para incorporar el estado emocional individual en el SMI es necesario contar con la medición fisiológica del individuo. De entre los sistemas de medición descritos en esta tesis destaca el GSR (Galvanic Skin Response). Este sistema tiene la característica de tener una respuesta medible en tiempo real que puede ser utilizada para generar un input que provoque cambios en la música que está sonando. Mediante el uso de sensores de conductancia de la piel se van a monitorizar los datos del jugador para incorporarlos en el SMI y crear una experiencia musical individualizada. De esta manera se puede crear una experiencia de juego donde los niveles de respuesta fisiológica del jugador marquen los cambios musicales con distintos objetivos según el MODO de juego que se seleccione.

##### **9.4.1. Modalidades C (control) y G (GSR)**

El juego experimental debe contar con dos modalidades diferenciadas, con el objetivo de poder preciar diferencias cuando se utiliza la medición fisiológica para controlar el SMI. Se va a utilizar así, dos modalidades de uso del sistema. En uno de ellos (Modalidad C) los saltos de secuencia musical vienen dados por datos extraídos del estado del juego (acción, nivel de vida, pantalla, etc), esta se consideraría la versión de control. En la Modalidad G pasaría a ser la medición fisiológica lo que dispararía los cambios musicales.

### **9.4.2. Modos de juego**

Para poder observar la influencia del GSR se plantean dos modos de juego, los cuales son independientes entre sí y tienen por objetivo poner también a prueba la efectividad de la música en relación a los objetivos propuestos.

#### **Modo “Ayuda”**

Favorecer al jugador: La música seleccionada cuando se detectan niveles altos de GSR tendría el objetivo de compensar el estrés sufrido por el jugador para ayudarlo a tener una mejor respuesta o puntuación en el juego. De manera que si la persona sube de emociones que puedan subir su nivel de estrés, por ejemplo, se pueda combatir esa reacción con la ayuda de la música, haciendo quizá que sus reacciones sean más controladas. Por lo tanto una respuesta al estrés equilibradora. La música responde al aumento de estrés intentando relajar a la persona.

#### **Modo “Reto”**

Penalizar al jugador. La música seleccionada responde al estado de estrés generando más estrés de manera que el jugador se vea penalizado al no haber conseguido mantenerse en calma. Por ejemplo, una manera de subir la dificultad en el juego sería paulatinamente ir atendiendo más a las reacciones. Es decir, los niveles de dificultad lo que harían sería cambiar la manera como la música selecciona. Para subir la dificultad el sistema de selección y música compuesta funcionará en el mismo sentido que las emociones suscitadas en el jugador por la acción. Subrayando así los estados de ánimo y tensión percibida. Respuesta penalizadora. La música penaliza la subida de estrés haciéndose más estresante y así empeorar la situación.

El sistema utilizado debe ser capaz de responder a las mediciones fisiológicas que se decidan y responder a ellas. Tal como se ha descrito anteriormente la mejor solución existente es el uso de un "middleware" que permita diseñar un sistema al uso.

De las opciones disponibles en el mercado se utiliza "Wwise"<sup>128</sup>, por ser una plataforma que

---

<sup>128</sup> <https://www.audiokinetic.com/products/wwise/>

permite una gran flexibilidad en el diseño de SMI. Además dispone de licencias gratuitas para el uso académico y sobretodo ofrece una capacidad que va a resultar imprescindible en el diseño de esta experimentación: la flexibilidad para asignar inputs midi como "acciones" externas que puedan dar lugar a una reacción en el juego.

Con tal de utilizar la monitorización se definen varios niveles de Conductancia partiendo de un proceso de calibración que consiste en la medición de los niveles medios durante aproximadamente 5 s. en un individuo que no haya empezado todavía a jugar.

Al subir el índice de medición y pasar el primer umbral el SMI efectuará un cambio de 'estado' para pasar al nivel superior de reacción fisiológica. En función del MODO de juego seleccionado la música que suene en cada uno de estos niveles debe estar compuesta con el objetivo o bien de equilibrar esa subida o bien de penalizarla exagerando los efectos.

#### ***9.4.3. Estados de juego***

Los estados de juego vienen determinados por la medición GSR. Partiendo de una primera medición analizada en el sujeto durante la calibración del sensor GSR, se determinan unos umbrales calculados con el incremento de 0,1%. De esta forma obtenemos distintos niveles o estados.

##### **Estado 1: “Inicio”**

Acción normal, la dificultad de la experiencia de juego es baja o bien de fácil resolución. La música utilizada busca la neutralidad.

##### **Estado 2: “Alerta”**

Primer nivel de acción de la música. Estrés medio bajo. Cambio mediante la música, que se hace más trepidante para intentar generar más estrés o sensación de alarma en el jugador.

##### **Estado 3: “Peligro”**

Segundo nivel de acción. Estrés medio. Música a tempo doble y buscando generar un nivel superior de estrés y excitación.

##### **Estado 4: “Vida o Muerte”**

Segundo nivel de acción. Estrés alto. Música a tempo máximo y buscando generar un nivel máximo de estrés y excitación.

## **9.5. Diseño sistema de medición**

### **9.5.1. Medición GSR**

Hoy en día, existen sistemas de análisis y detección de la conductancia de la piel (Galvanic Skin Response), con aplicaciones fáciles de usar con terminales móviles que generan informes y plotter de seguimiento. Concretamente hay un modelo que ha sido utilizado en la fase previa a la experimentación para empezar a evaluar el comportamiento de este sensor en un contexto real. Concretamente el medidor de GSR de la marca comercial "eSense", que fue facilitado al inicio de esta investigación por el departamento de Tecnologías Audiovisuales de Eurecat, cuya descripción se puede encontrar en su propia web.<sup>129</sup>

Este producto comercial utiliza un sensor de dos diodos que genera una gráfica en la aplicación móvil diseñada a este fin, en tiempo real con la que se puede hacer un seguimiento de los estados de conductancia de la piel y observar el grado de "estrés" provocado por la situación a la que se enfrenta el sujeto observado. Se trata de una medición de respuesta casi inmediata a los estímulos de estrés que a priori cumple con las necesidades de medición de esta investigación.

El problema de este sistema es que los datos van dirigidos y archivados en la aplicación, sin que sea tarea fácil redirigirlos a tiempo real para poder utilizarlos para influir en un sistema interactivo externo.

Para conseguir este fin, se ha hecho necesaria la utilización de un sensor GSR controlado por un microprocesador. Esta solución aporta las características necesarias para poder derivar la señal recogida por el sensor hacia un sistema de Música interactivo adaptado. A continuación se describen los elementos que han sido necesarios para llevar a cabo la preparación del material para la investigación.

---

<sup>129</sup> <https://www.mindfield-esense.com/esense-skin-response-es/index.php>.

### 9.5.2. Sensor GSR

Hoy en día, es posible construir un detector GSR con cierta facilidad como indica algún tutorial en la red<sup>130</sup>, aunque en internet se pueden encontrar sensores a bajo coste como por ejemplo en el portal de ventas “Ali expres”, donde se ofrece el modelo de Sensor GSR<sup>131</sup> comercializado por *Shenden DIY Maker Co., Limited*. También se pueden encontrar kits que incluyen el microprocesador, como por ejemplo el kit GSR<sup>132</sup> de *Sichiray tech*, que incluye las conexiones y cables. Éste último es el que se ha utilizado para montar un sensor GSR que manda información a Arduino Nano.

### 9.5.3. Arduino

El sensor de GSR, es un sencillo artefacto de dos diodos que se colocan en dos puntos distintos de la piel de la persona. La diferencia de voltaje entre los diodos debido a la micro-sudoración da una serie de datos que se pueden analizar en tiempo real para controlar el estado de excitación en el jugador. Es posible construir un detector GSR con cierta facilidad como indica este tutorial<sup>133</sup>.

El modelo utilizado es de sencilla construcción y funciona en conjunción con un microprocesador de la marca Arduino. En este caso el modelo Arduino Nano, cumple perfectamente con el cometido de recibir y enviar los datos través del puerto USB integrado. Se trata de un Microcontrolador ATmega328, con un voltaje operacional de 5V, 32 KB de memoria Flash (2KB utilizados por el gestor de arranque o bootloader). Dispone de 2 KB de memoria RAM, una velocidad de 16MHz.

### 9.5.4. Puerto USB en Arduino

Arduino Nano no soporta USB, se conecta al PC a través de UATTL comunicación SERIAL,

---

<sup>130</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=ljVQpwVHpOo&ab\\_channel=MichaelGasper](https://www.youtube.com/watch?v=ljVQpwVHpOo&ab_channel=MichaelGasper).

<sup>131</sup> [Sensor GSR Ali Express](#)

<sup>132</sup> [Kit GSR](#)

<sup>133</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=ljVQpwVHpOo&ab\\_channel=MichaelGasper](https://www.youtube.com/watch?v=ljVQpwVHpOo&ab_channel=MichaelGasper).

para lo cual integra un convertidor CH340<sup>134</sup>. Para el sistema operativo utilizado, ha sido necesario instalar la versión CH34x<sup>135</sup>. De esta manera es posible detectar el puerto USB en el ordenador con el que se está trabajando.

#### **9.5.5. Programación Script Sensor GSR**

Arduino funciona con una aplicación propia en la que se pueden escribir los scripts, que se suben al microprocesador a través del puerto citado anteriormente. Esta aplicación de software abierto Arduino 1.8.12 (IDE) trabaja con un lenguaje de programación propia que está referenciado en la misma web oficial, con un gran comunidad de soporte<sup>136</sup>. Partiendo de esto existen en la red distintos códigos para controlar el sensor GSR en arduino nano.

Para conectar con los sistemas que se van a utilizar para crear el sistema musical interactivo se hace necesario el lenguaje midi. Aunque Arduino dispone de una amplia biblioteca de "librerías" o extensiones que proporcionan capacidades ampliadas al lenguaje básico de arduino, parece ser que Arduino Uno no soporta el lenguaje MIDI en el que trabajan las principales librerías disponibles, como se desprende de este hilo<sup>137</sup>. Por suerte sí que hay una librería bastante completa que permite convertir el segundo chip de arduino en un controlador que emita señales MIDI a través del puerto de serie<sup>138</sup>. Esta librería, "Control Surface", está muy bien documentada y permite generar un completo dispositivo de control midi en el Arduino.

Para obtener el script necesario para controlar el sensor GSR, se parte de un modelo que se puede encontrar en la red<sup>139</sup>. Este código (Fig. 2) empieza con una calibración del sistema consistente en encontrar el valor medio de la medida en las primeras 500 mediciones, lo que toma unos 10 segundos en realizarse. Esta media se toma como valor "threshold" a partir del

---

<sup>134</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=BzUHAYvVOI0>

<sup>135</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=pxc1zRtZqIs>

<sup>136</sup> <https://www.arduino.cc/reference/en>

<sup>137</sup> <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=469809.0>

<sup>138</sup> <https://github.com/tttapa/Control-Surface>

<sup>139</sup> <http://www.himix.lt/arduino/arduino-and-galvanic-skin-response-gsr-sensor/>

cual se van comparando las siguientes mediciones. En el momento en que la medida se separa más de 60 unidades del "threshold" el programa activa un aviso: "Emotion Change Detected".

```
// Watch video here: https://www.youtube.com/watch?v=O5Ye5xJF44c

/*
GSR connection pins to Arduino microcontroller

Arduino   GSR

GND       GND
5V        VCC
A2        SIG

D13       RED LED
*/

/*
GSR, standing for galvanic skin response, is a method of measuring the electrical conductance of the skin.
Strong emotion can cause stimulus to your sympathetic nervous system, resulting more sweat being secreted
by the sweat glands. Grove – GSR allows you to spot such strong emotions by simple attaching two electrodes
to two fingers on one hand, an interesting gear to create emotion related projects, like sleep quality monitor.
http://www.seedstudio.com/wiki/Grove - GSR Sensor
*/

const int LED=13;
const int GSR=A2;
int threshold=0;
int sensorValue;

void setup(){
  long sum=0;
  Serial.begin(9600);
  pinMode(LED,OUTPUT);
  digitalWrite(LED,LOW);
  delay(1000);

  for(int i=0;i<500;i++)
  {
    sensorValue=analogRead(GSR);
    sum += sensorValue;
    delay(5);
  }
  threshold = sum/500;
  Serial.print("threshold=");
  Serial.println(threshold);
}

void loop(){
  int temp;
  sensorValue=analogRead(GSR);
  Serial.print("sensorValue=");
  Serial.println(sensorValue);
  temp = threshold - sensorValue;
  if(abs(temp)>60)
  {
    sensorValue=analogRead(GSR);
    temp = threshold - sensorValue;
    if(abs(temp)>60){
      digitalWrite(LED,HIGH);
      Serial.println("Emotion Changes Detected!");
    }
  }
}
```

```
delay(3000);
digitalWrite(LED,LOW);
delay(1000);
}
}
}
```

Fig. 2 - Código original sensor GSR.

Este script, emite una serie de datos de medición en tiempo real, que son "impresos" y pueden ser controlados en monitoreo interno del sistema Arduino (aplicación para Mac). Puesto que nuestro objetivo es terminar emitiendo señales midi, se hace necesario retocar el script para que emita notas midi cuando detecte un cambio de emoción (en este caso al detectar un salto de valor numérico de más de 60 con respecto a la media detectada durante la calibración del sensor).

#### ***9.5.6. Diseño del script necesario para el proyecto actual***

A continuación se incluye un script realizado para cubrir las necesidades del SMI diseñado para esta experimentación. En este caso es un script de prueba que sigue "imprimiendo" los resultados en el "monitor" interno de la aplicación de Arduino. Según el valor de la medición en relación al "threshold" va imprimiendo si el valor es Alto o bajo (por encima o por debajo del threshold), si sube o baja (en relación a la última medición) y el "estado" correspondiente. En este caso el umbral de paso de nivel se ha establecido en el aumento del 0.01% respecto al valor medio inicial [threshold].

#### **Script Básico**

Este script mantiene la calibración inicial

```
// Watch video here: https://www.youtube.com/watch?v=O5Ye5xJF44c

/*
GSR connection pins to Arduino microcontroller
```

Arduino      GSR

GND          GND

5V            VCC

A2            SIG

D13          RED LED

\*/

```
const int LED=13;
```

```
const int GSR=A2;
```

```
int threshold=0;
```

```
int sensorValue;
```

```
void setup(){ /*The setup() function is called when a sketch starts. Use it to initialize variables, pin modes, start using libraries, etc. The setup() function will only run once, after each powerup or reset of the Arduino board.*/
```

```
long sum=0; /*Long variables are extended size variables for number storage, and store 32 bits (4 bytes), from -2,147,483,648 to 2,147,483,647.*/
```

```
Serial.begin(9600); /*Used for communication between the Arduino board and a computer or other devices. All Arduino boards have at least one serial port (also known as a UART or USART), and some have several.*/
```

```
/*Serial.begin, Sets the data rate in bits per second (baud) for serial data transmission. For communicating with Serial Monitor, make sure to use one of the baud rates listed in the menu at the bottom right corner of its screen. You can, however, specify other rates - for example, to communicate over pins 0 and 1 with a component that requires a particular baud rate.*/
```

```
pinMode(LED,OUTPUT); /*Configures the specified pin to behave either as an input or an output*/
```

```
digitalWrite(LED,HIGH); /*Write a HIGH or a LOW value to a digital pin. If the pin has been configured as an OUTPUT with pinMode(), its voltage will be set to the corresponding value: 5V (or 3.3V on 3.3V boards) for HIGH, 0V (ground) for LOW.*/
```

```
delay(1000);
```

```
for(int i=0;i<500;i++)
```

```
{
```

```
sensorValue=analogRead(GSR);
```

```
sum += sensorValue;
```

```
delay(5);
```

```
}
```

```
threshold = sum/500;
```

```
Serial.print("threshold =");
```

```
Serial.println(threshold);
```

```
}
```

```
void loop(){
```

```

Serial.print("-----INICIO-----");

while (sensorValue>0) {

    int temp;
    int past;
    int PlaybackSpeed;
    Serial.print("past=");
    Serial.println(past);
    sensorValue=analogRead(GSR);
    Serial.print("sensorValue=");
    Serial.println(sensorValue);
    temp = threshold - sensorValue;

    if(sensorValue>threshold){
        Serial.print("Alto=");
        Serial.println(sensorValue);
    }
    if (sensorValue<=threshold){
        Serial.print("Bajo=");
        Serial.println(sensorValue);
    }

    if(past<sensorValue){
        Serial.print("Sube=");
        Serial.println(sensorValue);
    }
    if (past>=sensorValue){
        Serial.print("Baja=");
        Serial.println(sensorValue);
    }

    if((sensorValue>threshold)&&(sensorValue<(threshold*1.01))){
        Serial.println("Estado1_Inicio");
    }

    if((sensorValue>threshold*1.01)&&(sensorValue<(threshold*1.02))){
        Serial.println("Estado2_Alarma");
    }

    if((sensorValue>threshold*1.02)&&(sensorValue<(threshold*1.03))){
        Serial.println("Estado3_Peligro");
    }
}

```

```

    }

    if(sensorValue>threshold*1.03){
        Serial.println("Estado4_Vida_o_Muerte");
    }

    temp = threshold - sensorValue;
    if(abs(temp)>60)
    { digitalWrite(LED,LOW);
        Serial.println("Emotion Changes Detected!");
        delay(3000);
        digitalWrite(LED,HIGH);
        delay(1000); }

    sensorValue=analogRead(GSR);
    past=sensorValue;
    Serial.println(past);

    Serial.println(sensorValue);
    Serial.print("threshold*****");
    Serial.println(threshold);

}}

```

## Script Mejorado

Para efectuar la mejora del sistema se ha contado con las pautas descritas en la Guía de iMotions (2017), que describen las bases teóricas y consejos prácticos para la experimentación con GSR. A continuación se describen algunos datos que se han tomado en consideración para programar el código del sistema GSR en arduino:

1. Frecuencia de muestreo del sistema iMotions (2017, p.13). Se aconsejan frecuencias de 1 a 10 Hz. Pese a que el sistema podría efectuar muestreos más rápidos, para que realmente haya movimiento es suficiente con esta frecuencia.
2. Diferencia entre Skin Conductance Level (SCL) y Skin Conductance Response (SCR) iMotions (2017, p.21). El nivel SCL es un dato que va variando suavemente en escala de decenas de segundos o minutos, ascendiendo y descendiendo constantemente y puede deberse también a factores de hidratación, o regulación autonómica. Sería una medición del estado "general". El nivel SCR consiste en alteraciones rápidas, con picos puntuales, que responden a estímulos emocionales. Estos picos ocurren entre 1-5 segundos después del estímulo emotivo. Existen también estímulos espontáneos que ocurren de 1 a 3 veces por minuto y no son consecuencia de un estímulo emocional. Siguiendo esta distinción, es necesario que el sistema responda a estímulos que se dan en un período de 1 a 5 segundos.
3. Dos tipos diferenciados de perfiles de respuesta al GSR, iMotions (2017, p.23). Se define un perfil con muchas respuestas no específicas: Lábiles electrodérmicos. Cuando se les presentan estímulos emocionales su SCR sube muy lentamente, estas personas tienen muy buenos resultados en mantener la atención pese a estímulos externos y una rápida velocidad de respuesta. Por otro lado, otro perfil, "Estables electrodérmicos", que tienden a tener pocos picos no específicos y en cambio responden con rápidos picos de GSR. Estos sujetos responden bien a tareas que requieren memoria a corto plazo y foco atencional.
4. El tiempo ideal para medir la "baseline" es de 2 a 4 minutos iMotions (2017,

pg 23). Esta línea de base es neutral si "no hay estímulos presentados y los sujetos se sientan cómodamente en una posición relajada con los ojos cerrados". La línea de base puede contener estímulos emocionales variados, por ejemplo con el uso de un video con escenas que evocan emociones positivas o negativas. "Se pueden utilizar escenas muy calmadas (naturaleza, paisajes), que se interrumpen con escenas que disparan fuertes respuestas GSR (situaciones de vida o muerte, contenido sexual o ambientes felices)".

#### 5. Presentación de los estímulos iMotions (2017, p.24).

Después de varias experimentaciones con el sensor y el script descrito anteriormente se ha ido siguiendo un proceso de diseño y perfeccionamiento del script llegando finalmente a esta última versión (V11), en la que destacan las siguientes características:

##### 1. Inclusión de la librería para arduino MIDI "Control Surface".

Este sistema se inicia en el script y transmitiendo a 115200 baudios permite enviar un mensaje MIDI junto con la información a "imprimir" en el monitor interno de arduino. Este es, por tanto, un código ambivalente, que puede ser analizado mediante datos que aparecen escritos en el monitor o bien mediante señales acústicas generadas a partir de los mensajes MIDI (ver siguiente capítulo).

##### 2. Mejora del proceso de calibración.

Durante las primeras pruebas experimentales, se ha visto la necesidad de mejorar la calibración, tanto en su duración, como en el diseño. En esta versión la calibración consiste en 3 partes diferenciadas.

- a. Medición de Valor Medio [threshold] → Valor medio tomado a partir de 5000 mediciones correlativas, tomadas en un ambiente supuestamente neutral.
- b. Estímulo 1 (10s) Tiene que durar de 2 a 4 m → período de medición del incremento máximo respecto al valor medio inicial [threshold] en un ambiente de bajo estímulo emocional, siguiendo las pautas antes descritas (sentado cómodamente, posición relajada, ojos cerrados). El sistema emite un mensaje midi en el inicio de esta parte que a su vez dispara una locución con

indicaciones para el "jugador" : "Siéntate cómodamente sin moverte y cierra los ojos"

- c. Estímulo 2 (10s) Tiene que durar de 2 a 4 m → período de medición del incremento máximo respecto al valor medio inicial [threshold] en un ambiente de alto estímulo emocional. El sistema dispara un audio de 3-4 minutos con músicas que evocan distintas emociones intercaladas en un ambiente sonoro neutral.
  - d. Finalmente se toma el incremento máximo del primer estímulo, y se divide entre dos para definir el incremento "umbral" a partir del cual el sistema detectará un "cambio de emoción"
3. Finalmente, Una vez efectuada la calibración el código procede a ir analizando la media de los últimos 30 valores y compararla con la media de los siguientes 30 valores, de manera que si detecta un incremento que supera el Umbral de "cambio de emoción", emite un aviso (o señal midi) distinto dependiendo de estas condiciones, que genera una acción concreta en WWISE:
- a. Valor Positivo (salto emocional ascendente) → Siguiendo estado
  - b. Valor Negativo (Salto emocional descendente) → Estado anterior.

```
// Watch video here: https://www.youtube.com/watch?v=O5Ye5xJF44c

/*
GSR connection pins to Arduino microcontroller

Arduino      GSR
GND          GND
5V          VCC
A2          SIG

D13        RED LED

*/
/*
-----
MIDI LIBRARY
-----
/* https://ttapa.github.io/Control-Surface/Doc/Doxygen/dd/dcc/md\_Getting-Started.html
* https://github.com/ttapa/Control-Surface
* https://ttapa.github.io/Control-Surface-doc/Doxygen/d6/d72/classMIDI\_Sender.html#a82b919f54a86238cc55ae5ed7eeac578

*/
```

```

#include <Control_Surface.h>

// Instantiate the MIDI over USB interface
HairlessMIDI_Interface midi;

using namespace MIDI_Notes;

const int LED=13;
const int GSR=A2;
int threshold=0;
int sensorValue;
int sensorValue2;
int minim;
int incremento_01; /*definimos incremento como diferencia de la media con el valor actual GSR*/
int last_incremento_01 = 0;
int max_incremento_01 = 0;
int incremento_02; /*definimos incremento como diferencia de la media con el valor actual GSR*/
int last_incremento_02 = 0;
int max_incremento_02;

void setup()
{ /*The setup() function is called when a sketch starts. Use it to initialize variables, pin modes, start using libraries, etc. The setup()
function will only run once, after each powerup or reset of the Arduino board.*/
long sum=0; /*Long variables are extended size variables for number storage, and store 32 bits (4 bytes), from -2,147,483,648 to
2,147,483,647.*/
long New;
//Serial.begin(9600); /*Used for communication between the Arduino board and a computer or other devices. All Arduino boards have at
least one serial port (also known as a UART or USART), and some have several.*/
/*Serial.begin, Sets the data rate in bits per second (baud) for serial data transmission. For communicating with Serial
Monitor, make sure to use one of the baud rates listed in the menu at the bottom right corner of its screen. You can, however, specify
other rates - for example, to communicate over pins 0 and 1 with a component that requires a particular baud rate.*/
midi.begin(); // initialize the MIDI interface
Serial.begin(115200); /*Used for communication between the Arduino board and a computer or other devices. All Arduino boards have
at least one serial port (also known as a UART or USART), and some have several.*/
/*Serial.begin, Sets the data rate in bits per second (baud) for serial data transmission. For communicating with Serial
Monitor, make sure to use one of the baud rates listed in the menu at the bottom right corner of its screen. You can, however, specify
other rates - for example, to communicate over pins 0 and 1 with a component that requires a particular baud rate.*/
pinMode(LED,OUTPUT); /*Configures the specified pin to behave either as an input or an output*/
digitalWrite(LED,HIGH); /*Write a HIGH or a LOW value to a digital pin. If the pin has been configured as an OUTPUT with
pinMode(), its voltage will be set to the corresponding value: 5V (or 3.3V on 3.3V boards) for HIGH, 0V (ground) for LOW.*/
delay(5);

/*
-----
CALIBRACION
-----

/* AVISO DE COMIENZO CALIBRACIÓN Mensaje de Calibración con el A3 */
Serial.println("calibrando...");
midi.sendNoteOn({note(A, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(A, 3), CHANNEL_1},
0x5C); delay(100);
midi.sendNoteOn({note(B, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(B, 3), CHANNEL_1},
0x5C); delay(100);
midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(C, 4), CHANNEL_1},
0x5C); delay(100);
midi.sendNoteOn({note(D, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(D, 4), CHANNEL_1},
0x5C); delay(100);
midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(C, 4), CHANNEL_1},
0x5C); delay(100);
midi.sendNoteOn({note(B,3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(400); midi.sendNoteOff({note(B, 3), CHANNEL_1},
0x5C);

for(int i=0;i<5000;i++)
{
sensorValue=analogRead(GSR);
Serial.print("Value=");
Serial.println(sensorValue);
sum += sensorValue;
}

```

```

delay(5);
/* esto es un esfuerzo para que se vaya acumulando el valor más pequeño, para tener el dato. */
if (sensorValue>New)
{
  minim=New;
}

if (sensorValue<=New)
{
  minim=sensorValue;
}

New = sensorValue;
}/*close forloop threshold */

//Serial.print("New =");
//Serial.print(New);
//Serial.print("minim =");
//Serial.print(minim);
threshold = sum/5000;
Serial.print("threshold =");
Serial.println(threshold);
long sum2=0;
long sum1=0;
int media_01=threshold;
int media_02=threshold;
int media_03=threshold;
int media_04=threshold;
int ciclos_calibracion=780;//780 es el numero definitivo para la 2

/*FORLOOP 01 para medir el incremento máximo en un primer estímulo -----*/
midi.sendNoteOn({note(A, 0), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(A, 0), CHANNEL_1},
0x5C); delay(100);

midi.sendNoteOn({note(B, 0), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(B, 0), CHANNEL_1},
0x5C); delay(4000);

Serial.print("-----ESTIMULO 1 -----");
delay (1000);
for(int i=0;i<ciclos_calibracion/3;i++) /*for loop 01 para medir el incremento máximo respecto a un primer estado calmado*/
{
  /*----for loop 01.1-----*/
  for(int i=0;i<15; i++)
  {
    sensorValue=analogRead(GSR);
    sum1 += sensorValue;
    delay(5);
    int incremento_01 = sensorValue - media_02; /*definimos incremento como diferencia de la media con el valor actual GSR*/
    Serial.print("incremento_01 = "); Serial.println(incremento_01); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/

    if (incremento_01>max_incremento_01)/* de momento lo dejamos asi pero no cuenta los incrementos negativos*/
    {
      max_incremento_01 = incremento_01;
    }
  }/*close forloop 01.1*/
  media_01 = sum1/15;
  sum1=0;
  Serial.print("media_01 = "); Serial.println(media_01); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/

  /*----for loop 01.2-----*/
  for(int i=0;i<15; i++)
  {
    sensorValue=analogRead(GSR);
    sum2 += sensorValue;
    delay(5);
    int incremento_01 = sensorValue - media_01; /*definimos incremento como diferencia de la media con el valor actual GSR*/
    Serial.print("incremento_01 = "); Serial.println(incremento_01); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/

    if (incremento_01>max_incremento_01)/* de momento lo dejamos asi pero no cuenta los incrementos negativos*/

```

```

    {
        max_incremento_01 = incremento_01;
    }
}
/*close forloop 012*/

media_02= sum2/15;
sum2=0;
Serial.print("media_02 = "); Serial.println(media_02); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/

// Serial.print("sensorValue =");
// Serial.println(sensorValue);
//

}

/*=====
=close For Loop 01*/

Serial.print("max_incremento_01 = "); Serial.println(max_incremento_01);
delay (1000);

/*FORLOOP 02 para medir el incremento máximo en un segundo estímulo=====*/
midi.sendNoteOn({note(Ab, 0), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(Ab, 0),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100);

midi.sendNoteOn({note(Bb, 0), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(Bb, 0),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100);

Serial.print("-----ESTIMULO 2 -----");
delay (1000);

for(int i=0;i<ciclos_calibracion;i++) /*for loop 02 para medir el incremento máximo respecto a un primer estado calmado*/
{
/*for loop 02.1-----*/
for(int i=0;i<15; i++)
{
sensorValue=analogRead(GSR);
sum1 += sensorValue;
delay(5);
int incremento_02 = sensorValue - media_04; /*definimos incremento como diferencia de la media con el valor actual GSR*/
Serial.print("incremento_02 = "); Serial.println(incremento_02); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/

if (incremento_02>max_incremento_02)/* de momento lo dejamos asi pero no cuenta los incrementos negativos*/
{
max_incremento_02 = incremento_02;
}
}/*close forloop 02.1-----*/
media_03 = sum1/15;
Serial.print("media_03 = "); Serial.println(media_03);
sum1=0;

/*for loop 02.2-----*/
for(int i=0;i<15; i++)
{
sensorValue=analogRead(GSR);
sum2 += sensorValue;
delay(5);
int incremento_02 = sensorValue - media_03; /*definimos incremento como diferencia de la media con el valor actual GSR*/
// Serial.print("incremento_02 = "); Serial.println(incremento_02); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/

if (incremento_02>max_incremento_02)/* de momento lo dejamos asi pero no cuenta los incrementos negativos*/
{
max_incremento_02 = incremento_02;
}
}
/*close forloop 02.2-----*/
media_04 = sum2/15;
// Serial.print("media_04 = "); Serial.println(media_04);

```

```

sum2=0;

// Serial.print("sensorValue =");
// Serial.println(sensorValue);
//
int incremento_02 = sensorValue - threshold; /*definimos incremento como diferencia de la media con el valor actual GSR*/
Serial.print("incremento_02 = "); Serial.println(incremento_02); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/

if (incremento_02>max_incremento_02)/* de momento lo dejamos asi pero no cuenta los incrementos negativos*/
{
max_incremento_02 = incremento_02;
}
} /* close For Loop
02-----*
/

Serial.print("max_incremento_02 = "); Serial.println(max_incremento_02);
delay (2000);

/*AVISO DE FINAL CALIBRACIÓN*/
midi.sendNoteOn({note(D, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(D, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100);
midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(C, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100);
midi.sendNoteOn({note(B, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(B, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100);
midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100); midi.sendNoteOff({note(C, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(100);
midi.sendNoteOn({note(Ab, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(400); midi.sendNoteOff({note(Ab, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(400);

}

void loop()
{
Serial.println("-----PLAY!!!!-----");
midi.sendNoteOn({note(C, 5), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50); midi.sendNoteOff({note(C, 5),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50);
midi.sendNoteOn({note(E, 5), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50); midi.sendNoteOff({note(E, 5),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50);
midi.sendNoteOn({note(A, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50); midi.sendNoteOff({note(A, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50);
midi.sendNoteOn({note(D, 5), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50); midi.sendNoteOff({note(D, 5),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50);
midi.sendNoteOn({note(G, 6), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(500); midi.sendNoteOff({note(G, 6),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50);
delay(500);
long media1=threshold;
long media2=threshold;

while (sensorValue>0)
{
long suma=0;
long suma2=0;
long used_samples=30;
long emotion_jump=(max_incremento_01+max_incremento_02)/2; //anteriormente era solo max_incremento_01/2
Serial.print("emotion_jump = "); Serial.println(emotion_jump); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/
delay(1000);
int media = (media1+media2)/2; /*definimos media como la media total entre media 1 y media 2*/

/*
-----
1r FOR LOOP
-----
--> de aqui sale la media 1 sobre las ultimas medidas,
numero de medidas definido como sample */

int stateIndex = 0;

```

```

for(int i=0;i<used_samples;i++)
{
  sensorValue=analogRead(GSR);
  suma += sensorValue;
  delay(5);
//  Serial.print("sensorValue =");
//  Serial.println(sensorValue);
//
  int incremento = sensorValue - media; /*definimos incremento como diferencia de la media con el valor actual GSR*/
  Serial.print("incremento = "); Serial.println(incremento); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/
  if(incremento < - emotion_jump || incremento > emotion_jump )
  {
    digitalWrite(LED,LOW);
    Serial.println("////////////////////////////////////Emotion Changes Detected!");
    midi.sendNoteOn({note(C, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50); midi.sendNoteOff({note(C, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
    midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50); midi.sendNoteOff({note(C, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
    midi.sendNoteOn({note(Eb, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(Eb, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
    midi.sendNoteOn({note(Eb, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(Eb, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
    midi.sendNoteOn({note(G, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(G, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
    midi.sendNoteOn({note(G, 5), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(G, 5),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
    midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(C, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
    midi.sendNoteOn({note(C, 5), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(C, 5),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
    midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(C, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
    midi.sendNoteOn({note(C, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(200); midi.sendNoteOff({note(C, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(200);
    Serial.print("////////////////////////////////////Incremento = "); Serial.println(incremento);
    delay(500);
    media=analogRead(GSR);
    digitalWrite(LED,HIGH);

    if(incremento > 0)
    {
      if (stateIndex == 2)
      {
        stateIndex++;
        Serial.println("////////////////////////////////////Estado4_Vida_o_Muerte");
        midi.sendNoteOn({ note(E, 7), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
        midi.sendNoteOff({ note(E, 7), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
      }
      else if(stateIndex == 1)
      {
        stateIndex++;
        Serial.println("////////////////////////////////////Estado3_Peligro");
        midi.sendNoteOn({ note(B, 6), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
        midi.sendNoteOff({ note(B, 6), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
      }
      else if (stateIndex == 0)
      {
        stateIndex++;
        Serial.println("////////////////////////////////////Estado2_Alarma");
        midi.sendNoteOn({ note(A, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
        midi.sendNoteOff({ note(A, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
      }
    }
  }
}

```

```

}

if (incremento < 0 )
{
if (stateIndex == 3)
{
stateIndex--;
Serial.println("////////////////////////////////////Estado3_Peligro");
midi.sendNoteOn({ note(B, 6), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
midi.sendNoteOff({ note(B, 6), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
}

else if (stateIndex == 2)
{
stateIndex--;
Serial.println("////////////////////////////////////Estado2_Alarma");
midi.sendNoteOn({ note(A, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
midi.sendNoteOff({ note(A, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
}

else if (stateIndex == 1)
{
stateIndex--;
Serial.println("////////////////////////////////////Estado1_Inicio");
midi.sendNoteOn({ note(G, 4), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
midi.sendNoteOff({ note(G, 4), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
}

else if (stateIndex == 0)
{
stateIndex=3;
Serial.println("////////////////////////////////////Estado4_Vida_o_Muerte");
midi.sendNoteOn({ note(E, 7), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
midi.sendNoteOff({ note(E, 7), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
}

}

}

}

media1 = suma/used_samples ; /*se calcula la media y se guarda*/
Serial.print("media1 = "); Serial.println(media1); /*se imprime si se quiere*/

//
// Serial.print("media1+media2 = "); Serial.println(media1+media2); /*comprobar suma de las media1 y 2*/
// Serial.print("(media1+media2)/2 = "); Serial.println((media1+media2)/2); /*comprobar media*/
// Serial.print("sensorValue =");Serial.println(sensorValue);
//
// Serial.println("=====");

/*
-----
2° FOR LOOP
-----
para extraer una media de los siguientes medidas (el mismo numero que en for loop 1, definido por samples)*/

for(int i=0;i<used_samples;i++)
{

```

```

sensorValue2=analogRead(GSR);
suma2 += sensorValue2;
delay(5);
// Serial.print("sensorValue2 =");
// Serial.println(sensorValue2);

int incremento2 = sensorValue2 - media;
Serial.print("incremento2 = "); Serial.println(incremento2); /*comprobar el incremento en el primer for loop*/
if(incremento2 < -emotion_jump || incremento2 > emotion_jump)
{
digitalWrite(LED,LOW);
Serial.println("////////////////////////////////////Emotion Changes Detected!");
midi.sendNoteOn({note(C, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50); midi.sendNoteOff({note(C, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(50); midi.sendNoteOff({note(C, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
midi.sendNoteOn({note(E, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(E, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
midi.sendNoteOn({note(E, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(E, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
midi.sendNoteOn({note(G, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(G, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
midi.sendNoteOn({note(G, 5), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(G, 5),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(C, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
midi.sendNoteOn({note(C, 5), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(C, 5),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
midi.sendNoteOn({note(C, 4), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20); midi.sendNoteOff({note(C, 4),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(20);
midi.sendNoteOn({note(C, 3), CHANNEL_1}, 0x5C); delay(200); midi.sendNoteOff({note(C, 3),
CHANNEL_1}, 0x5C); delay(200);
Serial.print("////////////////////////////////////Incremento2 = "); Serial.println(incremento2);
delay(500);
digitalWrite(LED,HIGH);
media=analogRead(GSR); /*para volver a hacer un rápido reajuste*/

if(incremento2 > 0)
{
if (stateIndex == 2)//Estado3_Peligro
{
stateIndex++;
Serial.println("////////////////////////////////////Estado4_Vida_o_Muerte");
midi.sendNoteOn({ note(E, 7), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
midi.sendNoteOff({ note(E, 7), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
}
else if(stateIndex == 1)//Estado2_Alarma
{
stateIndex++;
Serial.println("////////////////////////////////////Estado3_Peligro");
midi.sendNoteOn({ note(B, 6), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
midi.sendNoteOff({ note(B, 6), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
}

else if (stateIndex == 0)//Estado1_Inicio
{
stateIndex++;
Serial.println("////////////////////////////////////Estado2_Alarma");
midi.sendNoteOn({ note(A, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
midi.sendNoteOff({ note(A, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
delay(200);
}
}
}

```

```

    if (incremento2 < 0 )
    {
if (stateIndex == 3)
    {
        stateIndex--;
        Serial.println("////////////////////////////////////Estado3_Peligro");
        midi.sendNoteOn({ note(B, 6), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
        midi.sendNoteOff({ note(B, 6), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
    }

else if (stateIndex == 2)
    {
        stateIndex--;
        Serial.println("////////////////////////////////////Estado2_Alarma");
        midi.sendNoteOn({ note(A, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
        midi.sendNoteOff({ note(A, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
    }

else if (stateIndex == 1)
    {
        stateIndex--;
        Serial.println("////////////////////////////////////Estado1_Inicio");
        midi.sendNoteOn({ note(G, 4), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
        midi.sendNoteOff({ note(G, 4), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
    }

else if (stateIndex == 0)
    {
        stateIndex=3;
        Serial.println("////////////////////////////////////Estado4_Vida_o_Muerte");
        midi.sendNoteOn({ note(E, 7), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
        midi.sendNoteOff({ note(E, 7), CHANNEL_1}, 0x5C);
        delay(200);
    }

    }

    }
    delay(12000);
    digitalWrite(LED,HIGH);
    }
}
media2 = suma2/used_samples;
//
//
// Serial.print("media1+media2 = "); Serial.println(media1+media2); /*comprobar suma de las media1 y 2*/
// Serial.print("(media1+media2)/2 = "); Serial.println((media1+media2)/2); /*comprobar media*/
// Serial.print("sensorValue2 =");Serial.println(sensorValue2);
//

Serial.println("=====");
/* Añadir aqui un for loop de manera que una de cada 10 mediciones
 * es la que se pilla para hacer emitir nota */
int temp;
int past;
int PlaybackSpeed;
//Serial.println("threshold=");
//Serial.println(threshold);
//Serial.println("minim=");
//Serial.println(minim);*/

```

```

//Serial.print("past=");
//Serial.println(past);
sensorValue=analogRead(GSR);
//Serial.print("sensorValue=");
//Serial.println(sensorValue);
temp = threshold - sensorValue;

if((sensorValue>threshold)&&(past<sensorValue))
{
  Serial.println("--> ALTO_subiendo");
  midi.sendNoteOn({note(C, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
  midi.sendNoteOn({note(E, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
  delay(200);
  midi.sendNoteOff({note(C, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
  midi.sendNoteOff({note(E, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
  delay(200);
}

if ((sensorValue<=threshold)&&(past<sensorValue))
{
  Serial.println("--> BAJO_subiendo");
  midi.sendNoteOn({note(C, 3), CHANNEL_1}, 0x5C);
  midi.sendNoteOn({note(E, 3), CHANNEL_1}, 0x5C);
  delay(200);
  midi.sendNoteOff({note(C, 3), CHANNEL_1}, 0x5C);
  midi.sendNoteOff({note(E, 3), CHANNEL_1}, 0x5C);
  delay(200);
}

if((sensorValue>threshold)&&(past>=sensorValue))
{
  Serial.println("--> ALTO_bajando");
  midi.sendNoteOn({note(C, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
  midi.sendNoteOn({note(Eb, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
  delay(200);
  midi.sendNoteOff({note(C, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
  midi.sendNoteOff({note(Eb, 5), CHANNEL_1}, 0x5C);
  delay(200);
}

if ((sensorValue<=threshold)&&(past>=sensorValue))
{
  Serial.println("--> BAJO_bajando");
  midi.sendNoteOn({note(C, 3), CHANNEL_1}, 0x5C);
  midi.sendNoteOn({note(Eb, 3), CHANNEL_1}, 0x5C);
  delay(200);
  midi.sendNoteOff({note(C, 3), CHANNEL_1}, 0x5C);
  midi.sendNoteOff({note(Eb, 3), CHANNEL_1}, 0x5C);
  delay(200);
}

// temp = threshold - sensorValue;
// if(abs(temp)>60)
// { digitalWrite(LED,LOW);
//   Serial.println("Emotion Changes Detected!");
//   delay(30);
//   digitalWrite(LED,HIGH);
// }

sensorValue=analogRead(GSR);
past=sensorValue;

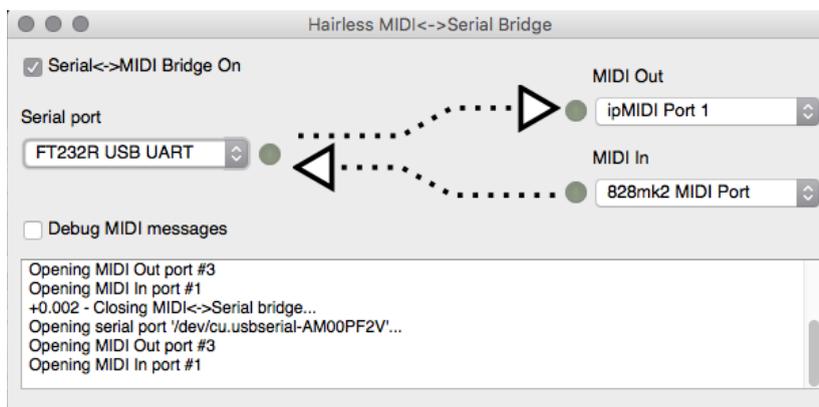
//Serial.println("*****");
delay(5);

}
}

```

### 9.5.7. Hairless Midi Serial Bridge

Se hace necesaria una pequeña aplicación externa para poder conectar la información que emite el puerto USB del Arduino con el software que se va a utilizar para gestionar el sistema musical interactivo (Wwise). Este programa Wwise, por un lado a modo de puente usaremos Hairless-Midiserial<sup>140</sup>, programa gratuito y sencillo que permite generar un puente entre el puerto USB de arduino (FT232R USB UART) y el puerto MIDI Virtual que vamos a crear a continuación.



<sup>140</sup> <https://projectgus.github.io/hairless-midiserial/>

### 9.5.8. Puerto Virtual MIDI

Existe un pequeño aplicativo para crear puertos MIDI con el objetivo de transmitir señal midi a través de la red llamado ipMIDI que se puede encontrar también de forma gratuita en la web nerds.de<sup>141</sup>. Una vez instalado, podremos enviar la señal midi recibida por Hairless MIDI serial Bridge al puerto que después seleccionaremos como MIDI input en Wwise.

## 9.6. Programación SMI

El SMI se ha diseñado con la potente herramienta para sonido interactivo WWISE<sup>142</sup>. El proyecto consta de un reproductor de audios donde se definen los cuatro estados de juego. En cada estado suena una música específica, basada en loops que se van enlazando y repitiendo para crear una banda sonora infinita que dure el tiempo que sea necesario.

### 9.6.1. Estados en WWISE

Tal como se ha planteado en el diseño del juego, es necesario introducir 4 "Estados de juego" distintos. Los Estados del juego, y en consecuencia los cambios en la música, se van alcanzando por datos extraídos del estado del juego en el Modelo A (a definir en función del juego utilizado: por ejemplo el nivel o pantalla donde está el jugador o bien el nivel de vida que le queda al jugador y por los datos recogidos en la medición del sensor GSR en el Modelo B.

---

<sup>141</sup> <https://www.nerds.de/en/ipmidi.html>

<sup>142</sup> WWISE video tutorials de interés para este proyecto:

<https://www.youtube.com/watch?v=DcrABV0hcjw&list=PLXMeprTk4ORNDMoWvtHJzTCZwOcqFaKGb> Importar Audios

<https://www.youtube.com/watch?v=APKmVu579h4> Resequencing

<https://www.youtube.com/watch?v=4R4K5gOKBDk> Midi Controller

<https://www.youtube.com/watch?v=vx1ujzTzdKE> Midi control SOUNDCASTER

<https://www.youtube.com/watch?v=Tjpam6mdic> SOUNDCASTER

<https://www.youtube.com/watch?v=v6zSzOiUhQM> TRIGGERS/STINGERS

<https://www.youtube.com/watch?v=APKmVu579h4> RESEQUENCING

<https://www.youtube.com/watch?v=8ZDa1cUpRJ0> RTCP (Changing tempo)

<https://www.youtube.com/watch?v=eFa9thy9Za8> WWISE RTPC (oficial)

<https://www.youtube.com/watch?v=oAp0qmJD4qo> WWISE Stats? (oficial)

<https://www.youtube.com/watch?v=Qrs19R7VO6M> WWISE Stats? (oficial)

<https://www.youtube.com/watch?v=Qrs19R7VO6M> STATES

<https://www.youtube.com/watch?v=3pN6Cbx1kwU> Music Transitions 1

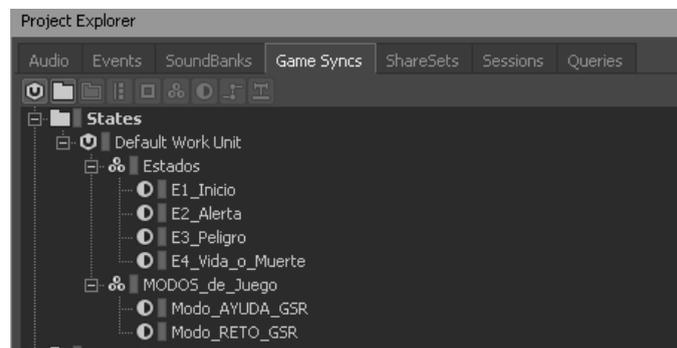
<https://www.youtube.com/watch?v=orGupWRMRy8> Music Transitions 2

En el contexto experimental del Modelo A el salto entre estados se hará al presionar un botón del controlador midi (por la persona que realiza la experimentación) en cuanto el jugador pase de nivel o su acción supere o active el EVENTO que se haya decidido que va a provocar ese cambio (cambio de nivel o nivel de vida restante). En el Modelo B es el sensor GSR quien determinará los cambios a través del sistema de sensor de GSR que emite notas midi distintas para los distintos niveles definidos de respuesta GSR.

Para incluir en el proyecto los dos MODOS de juego (Modo AYUDA y Modo RETO), se crean también una subestructura de Estados llamados "Modos de Juego" que serán activados desde el controlador MIDI LPD8 al dar inicio a la partida (cada partida se juega en un modo específico, no variable).

### **Estados**

- E1\_Inicio
- E2\_Alerta
- E3\_Peligro
- E4\_Vida\_o\_Muerte



### **Modos de Juego**

- Modo\_AYUDA
- Modo\_RETO

### **9.6.2. Audios/Música**

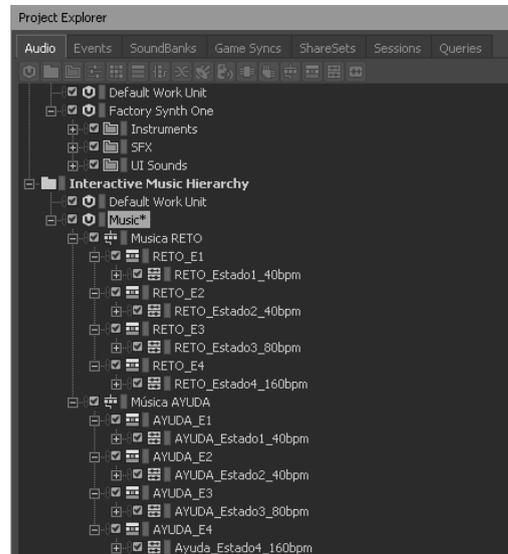
Según el modo y el estado de juego, el sistema seleccionará un tipo de música compuesto siguiendo las pautas de composición indicadas más adelante. Cada uno de esos audios suenan en bucle hasta que hay un cambio de estado.

En Wwise es necesario situar cada Audio en un "Music Playlist Container", y a su vez situar todos los que forman parte de un modo bajo un mismo "Music Switch Container" para poder

programar los cambios de estado conectándolos a los eventos seleccionados.

### AUDIOS Creados:

- RETO\_Estado1\_40bpm
- RETO\_Estado2\_40bpm
- RETO\_Estado3\_80bpm
- RETO\_Estado4\_160bpm
- AYUDA\_Estado1\_40bpm
- AYUDA\_Estado2\_40bpm
- AYUDA\_Estado3\_80bpm
- AYUDA\_Estado4\_160bpm

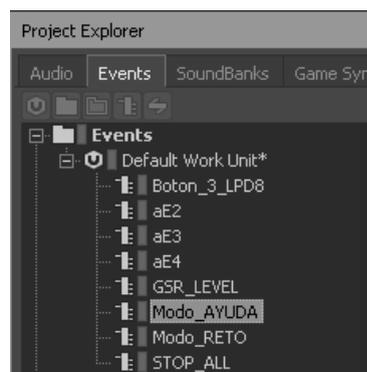


### 9.6.3. Eventos en Wwise

Siguiendo la estructura de Wwise, los eventos que generan el salto de estado hay que introducirlos como "events" en la pestaña del mismo nombre. A cada uno de estos eventos se le puede asociar una acción o input o varias. Así para establecer el estado E2\_Alerta, por ejemplo, se puede asignar un botón del controlador midi LPD8 para el modelo de juego tradicional (Modelo A) y un input midi proveniente del sensor GSR para el modelo de juego con observación fisiológica (Modelo B).

Se establecen cuatro 'eventos' en Wwise que son los que producirán un cambio de Estado y dos eventos que serán los que permitan seleccionar el Modo de Juego (Modo\_AYUDA o Modo\_RETO). Se añade un evento que será utilizado como botón "panic" para poder parar todos los sonidos.

1. eE1
2. eE2
3. eE3
4. eE4
5. Modo\_AYUDA
6. Modo\_RETO
7. STOP\_ALL



En Wwise se pueden asociar diversas acciones a los Eventos. En este caso es interesante que algunos de los eventos definidos provoquen más de una acción del SMI. Se definen en el siguiente gráfico:

EVENTO	Acción / Input Modelo A	Acción/ Input Modelo B	Acciones asociadas
eE1	[LPD8] Botón 4	[S.GSR] Nota G4	[Estado1] + [PLAY]
eE2	[LPD8] botón 7	[S.GSR] Nota G4	[Estado2]
eE3	[LPD8] botón 6	[S.GSR] Nota G4	[Estado3]
eE4	[LPD8] botón 5	[S.GSR] Nota G4	[Estado4]
Modo_AYUDA	[LPD8] botón 4	[LPD8] botón 4	[MODO_AYUDA]
Modo_RETO	[LPD8] botón 3	[LPD8] botón 3	[MODO_RETO]
STOP_ALL	[LPD8] botón 1	[LPD8] botón 1	[stop_all_sounds]

#### 9.6.4. Controlador MIDI LPD8

El controlador MIDI LPD8 se utiliza como cuadro de mandos para seleccionar modos, cambiar de estado, o detener el sonido. A continuación se describe la configuración indicada para poder proceder a la experimentación (Fig. 3):



Fig 3 - Asignaciones controlador MIDI para uso en Modalidad A.

## 9.7. Composición Musical

Con el objetivo de utilizar una música en la que se maximice el control de sus efectos sobre el jugador y a la vez la intensidad de estos efectos, se ha procedido a crear una composición musical original, específicamente diseñada para este trabajo. Obviamente hay que crear el material necesario para cubrir los 4 niveles o Estados de cada uno de los modos y determinar el sistema musical interactivo que va a permitir que las distintas músicas sean intercambiables entre sí en el momento indicado sin afectar a la experiencia auditiva musical. A continuación se detallan los distintos aspectos que han regido la composición desde diversos puntos de vista.

### 9.7.1. Pautas para la composición Musical según Modo y Estado

Siguiendo la ruta iniciada por Wallis et al. donde se utiliza el Circumplex Mode, un modelo bi-dimensional donde el eje Y corresponde a la excitación emocional o intensidad y el eje X corresponde a placer emocional o valencia, podemos extraer ciertas características de la música que se ha observado que provocan ciertos efectos en la persona. Wallis observa que mientras que la valencia provocada no tiene efecto sobre la excitación, de manera inversa sí que lo tiene. Otros autores sí que relacionan la "Alegría, etc" y sus efectos.

Junto con ello se utilizan también una serie de elementos musicales y sus efectos, que hayan sido descritos en la literatura científica. Con ello se asignan una serie de atributos musicales demostrando su adecuación.

A continuación se adjunta un cuadro resumen de los elementos musicales seleccionados para incluir en la composición y sus efectos deseados (Fig. 4). Las filas de esta tabla corresponden a los distintos elementos que se van a utilizar cuando sea necesario hacer un cambio de Modo (bien a causa de un salto detectado en el GSR en la Modalidad A o bien a causa de un elemento perteneciente a la acción del juego en la Modalidad B).

<b>Elemento Musical</b>	<b>Causa</b>	<b>Efecto</b>	<b>Acción</b>	<b>Salto de Estado en Modo "Ayuda"</b>	<b>Salto de Estado en Modo "Reto"</b>
<b>Tempo</b>	Entrainment. Tempo vs. HR	Las pulsaciones del jugador se ajustan a las de la música. Partiendo de un tempo igual al HR del jugador, inducir subidas y bajadas de la frecuencia subiendo y bajando el tempo.	Incremento de tempo.	Incremento negativo	Incremento positivo
	Tempo alto	Percepción no real de rendimiento muscular. (Dainow, 1977, p. 7) Percepción no real de mayor tiempo transcurrido. (Phillips, 2014, p. 44)	Incremento de tempo.	Incremento negativo	Incremento positivo
<b>Armonía</b>	Modo (Escala Musical)	Clasificación de Perischetti de más brillante a más oscuro (Locrio, Frigio, Aeolio, Dorico, Mixolidio, Jonico, Lidio). Modos oscuros asociados a low valence"" y Modos claros a "high valence" (Wallis et al.)	Cambio de Modo	Siguiente modo más brillante.	Siguiente modo más oscuro.
	Tensiones (Upper structure notes)	Cuantas más tensiones añadidas, más baja la valencia. Es decir, las tensiones generan 'oscuridad', por lo que se pueden ir añadiendo en el modo reto y quitando en el modo ayuda. En el modo neutro empezar quizá con una tensión de novena. (Wallis et al.) Midly tensioned Chords (7as) menos respuesta GSR que acordes triadas o muy tensionados. (Winold, 1963).	Uso de tensiones	Eliminar tensiones para dar más alegría	Poner tensiones para dar más sentimientos oscuros
<b>Melodía</b>	Apoyaturas y secuencias	Provocan lágrimas. Por tanto emoción (Juslin, 2010)	Uso de apoyaturas y tensiones	Más (más involucración emocional).	Menos (menos involucración emocional)
<b>Intensidad</b>	Mayor volumen dinámico	Más durabilidad e intensidad de las reacciones (Dainow, 1977). Mayor intensidad percepción de que el tempo pasa más despacio (por lo tanto que me queda más tiempo con lo cual es una ayuda) (Phillips. 2014, p. 44)	Incremento de la intensidad.	Incremento Positivo	Incremento Positivo
<b>Precognición</b>	El sujeto conoce la música.	Mayor respuesta fisiológica (Dainow, 1977)	Preescucha	Preescucha	Preescucha

Fig. 4 - Pautas para la composición Musical.

Al proceder a hacer la composición ha sido necesario tomar decisiones más específicas de cómo aplicar las pautas descritas en esta tabla. Éstas incorporaciones más concretas quedan

reflejadas en la siguiente tabla (Fig.5 ). Algunos de esos elementos no se incorporan, en este trabajo, propiamente en la fase de "composición" entendida en el sentido tradicional del término, como por ejemplo las variaciones de tempo y volumen, que tendrán que ser aplicadas en el desarrollo del SMI.

Elemento Musical	Causa	Estado 1 "Inicio"	Estado 2 "Alerta"	Estado 3 "Peligro"	Estado 4 "Vida o Muerte"	Fase aplicación
Tempo (Modelo A)	AYUDA	90 ppm	- 2 ppm	- 2 ppm	- 2 ppm	Programación WWISE
	RETO	90 ppm	+ 2 ppm	+ 2 ppm	+ 2 ppm	Programación WWISE
Tempo (Modelo B)	AYUDA	HR <sup>143</sup>	- 0,1 %	- 0,1 %	- 0,1 %	Programación WWISE
	RETO	HR	+0,1 %	+0,1 %	+0,1 %	Programación WWISE
Modo	AYUDA	Dórico	Mixolidio	Jónico	Lidio	Composición
	RETO	Dórico	Aeolio	Frigio	Locrio	Composición
Tensiones	AYUDA	7ª (9, 11, 13)	7ª (11, 13)	Triada	9ª	Composición
	RETO	9ª	Triada	7ª (11, 13)	7ª (9, 11, 13)	Composición
Appoggiaturas & Secuencias	AYUDA	2	1	1	0	Composición
	RETO	2	4	6	8	Composición
Rhythmic Roughness	AYUDA	corcheas	negras	negras y blancas	negras, blancas y redondas	Composición
	RETO	corcheas	corcheas y semicorcheas	semicorcheas	semicorcheas y fusas	Composición
Intensidad	AYUDA	2	+2 dB	+2 dB	+2 dB	Programación WWISE
	RETO	2	+1 dB	+1 dB	+1 dB	Programación WWISE
Precognición	AYUDA	no	no	+2 dB	si	Experimentación
	RETO	no	no	+1 dB	si	Experimentación

Fig. 5 - Pautas concretas para la composición musical.

<sup>143</sup> Heart Rate (frecuencia cardíaca ppm) o múltiple

### 9.7.2. Estilo / Género

Pese a que las directrices para la composición expuestas hasta ahora distan un poco de los recursos utilizados normalmente en una composición de este estilo (Phillips comenta por ejemplo el choque que se puede generar entre los elementos musicales que han probado tener efectos en el oyente y su adecuado encaje en el contexto estético del juego, por ejemplo), se ha partido de una composición cercana al género musical "clásico" orquestal, muy común en las bandas sonoras de juegos de Arcade y Aventura más modernos.

### 9.7.3. Composición Música interactiva

Para conseguir una óptima fluidez en los cambios de secuencia que generen los cambios de Estado, se ha partido de un sistema de Re-secuenciación horizontal sincronizada (descrito por Michael Sweet ) en el que la primera secuencia empieza a sonar en bucle hasta cuando se produce el "salto" de Estado, a partir de ese momento el sistema pasa a reproducir la nueva secuencia a partir del mismo punto (compás y pulsación) en el que se situaba la secuencia anterior. El salto entre una y otra secuencia se produce con un "crossfade" de 1 segundo de duración, lo que hace que la transición sea muy fluida.

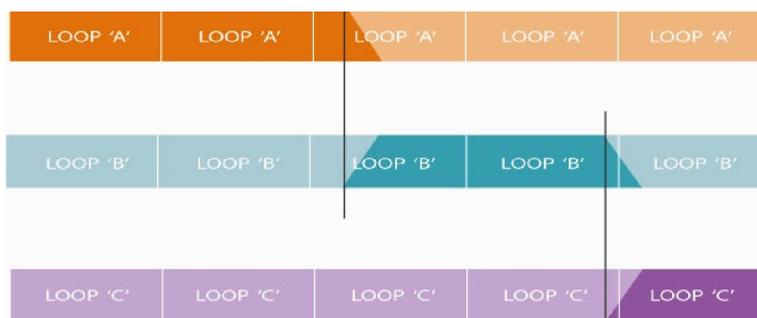


Fig. 6 - Resecuenciación horizontal sincronizada.

En un principio, este sistema hace necesario que las distintas secuencias utilizadas tengan la misma duración y el mismo número de compases y métrica. Incluso con un esquema armónico igual o muy parecido, si es que se quiere mantener el sentido del discurso musical una vez se ha efectuado la transición. Eso acarrea un problema y es la demasiada poca variación entre una y otra secuencia, lo que puede afectar a la sensación de cambio de estado y elevación de la

sensación de excitación en la nueva secuencia.

La solución a esto ha sido utilizar la técnica descrita por Chance Thomas con el nombre de "Mapas" compositivos.<sup>144</sup> La técnica consiste en componer las secuencias sobre un mapa común, donde la transición entre unos y otros no afecte al discurso musical de la pieza realmente escuchada. Para generar diferencias entre unos y otros es posible cambiar el ritmo armónico, la armonización, melodías, rítmicas e incluso la métrica si se utiliza un tempo que sea múltiple del anterior.

En la Fig. 7 se puede observar un ejemplo del funcionamiento de estos mapas en lo que refiere a 3 de las secuencias utilizadas en el Modo "Ayuda".

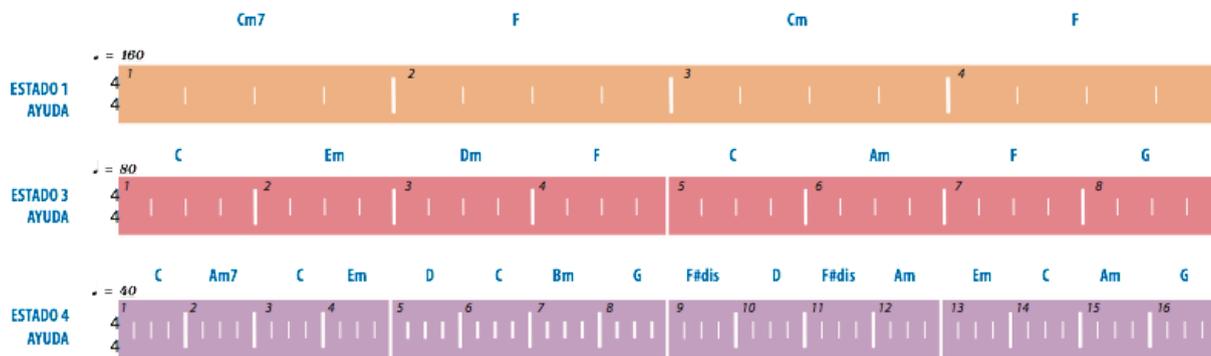


Fig. 7 - Mapa compositivo donde se puede apreciar la interrelación entre las tres secuencias de ejemplo.

#### 9.7.4. Tratamiento Sonoro

Dado que se trata de una investigación, no se considera necesario que el resultado final de los Audios utilizados sea de calidad profesional. Aún y así, se ha procedido a hacer un proceso de mezcla y masterización en las piezas para generar un sonido lo más cercano posible a los estándares de calidad sonora utilizados en videojuegos y demás.

<sup>144</sup> Chance Thomas <https://www.youtube.com/watch?v=q4CYUfgRdos&feature=youtu.be&t=2s>

## 10. RESULTADOS

### 10.1. Pautas para la experimentación

El experimento pretende recoger varios datos, algunos cuantitativos y algunos cualitativos con los que poder observar si hay diferencias en los distintos modos de juego y entre la música activada por los valores GSR o la música activada por el transcurso del juego.

Existe un problema razonable en esta experimentación y es el nivel de conocimiento del propio juego que tenga el jugador, que obviamente, cuanto más juega, mejor conoce el juego y puede de por sí mejorar la marca por puro aprendizaje y experimentación.

Para contrarrestar esto se pide al individuo que haga 4 partidas consecutivas, siempre empezando por la modalidad de juego con cambios musicales generados por el juego. Para ajustar los tiempos a la experimentación el jugador dispone de 4 jugadas, en cada una de las cuales sube el Estado al siguiente nivel. De esta manera el jugador "aprende" mientras se hacen las mediciones. A partir de la 3ª partida entra el sistema de GSR a generar los cambios musicales.

### 10.2. Secuencia de actividades

	Modalidad	Modo	Salto Musical	
<b>Calibración</b>				
<b>Partida 1</b>	A	AYUDA	“LIVES” o “Health”	
<b>Partida 2</b>	A	RETO	“LIVES” o “Health”	
<b>Partida 3</b>	B	AYUDA	GSR [emotion_jump]	
<b>Partida 4</b>	B	RETO	GSR [emotion_jump]	

En las dos primeras partidas, aunque no está activo el sistema GSR, se monitorizan los "Saltos de emoción", se anotan los resultados y se cronometra la duración de las partidas [game\_duration].

### **10.3. Prueba piloto**

Como paso previo a la experimentación con sujetos seleccionados se han efectuado una serie de pruebas piloto con el fin de perfeccionar el sistema de medición y la efectividad del entorno de experimentación. A continuación se detallan aspectos relevantes de las pruebas y las conclusiones extraídas, que han ido siendo incorporadas al diseño de experimentación.

#### ***10.3.1. Prueba 1***

Fecha (23/8/20)

Versión Script V7

Para la primera prueba se han seleccionado 3 individuos aleatoriamente con perfiles distintos en cuanto a edad, y características. Se ha observado que efectivamente se producen movimientos en la selección musical motivados por un salto en la medición GSR, pero éstos ocurren muy esporádicamente y los cambios de secuencia resultan muy breves antes de volver a la misma secuencia inicial. Los motivos para que esto suceda son variados, pero podemos definir dos aspectos a mejorar en el script del sensor GSR.

#### **1. Calibración:**

Es necesario ampliar el tiempo de calibración y mejorar su eficiencia. Para ello se ha definido un proceso de calibración en dos partes. En la primera el script va almacenando la media de mediciones durante un período de un minuto en el sujeto investigado esté en un entorno de influencia emocional neutro. Y el segundo período en un entorno con estímulos de probada influencia emocional. El calibrado debe así tomar una medida más realista de la medición fisiológica personal del individuo.

#### **2. Contención de la velocidad de respuesta:**

Debido a los continuos cambios que se producen en algunos sujetos que muestran una alta variabilidad de la respuesta galvánica de la piel, se determina la necesidad de la aplicación de una pausa o "Delay" entre la detección de un incremento del valor de GSR mayor al mínimo establecido para generar un cambio y el siguiente incremento que cumpla esta misma

condición.

Una vez el sistema detecta un salto en la medición GSR y envía una señal al middleware que cambia de secuencia, es necesario incluir un "delay" de varios segundos para evitar que la caída de la curva del "pico" de reacción fisiológica (descrita en eMotions (2017), también sea contemplada por el sistema y haga retroceder al estado de juego anterior en un período de tiempo que sería demasiado corto como para percibir la influencia y el cambio en la música.

Estos cambios han sido introducidos en la versión V8 del script de Arduino que controla el GSR.

### **10.3.2. Prueba 2**

Fecha (15/10/20)

Versión Script V8

Además de los cambios efectuados en el script con respecto a la calibración, se ha efectuado la prueba con dos sujetos sin especificar para probar la efectividad del sistema. Hemos podido recoger los siguientes resultados:

#### 1. Saltos demasiado grandes.

En uno de los sujetos, los cambios en la música daban saltos pasando directamente de estado 1 a estado 4. Esto podría estar sugiriendo que hay que perfeccionar el algoritmo utilizado para medir los saltos o bien es posible que para esta experimentación sea necesario acotar el sistema de medición, reduciéndolo a detectar sólo el momento en el que se produce un salto en el valor de GSR que sea mayor que el incremento medio efectuado durante la calibración "emotion\_jump" (**dato extraído del cálculo de la media entre el máximo valor obtenido durante el estímulo 1 (neutro) y el estímulo 2 (estimulación emocional auditiva)**), y sin especificar diferencias en el valor específico de estos saltos. Con este sistema simplificado, la música cambiaría a cada estímulo recibido que tuviera un incremento de GSR mayor que [emotion\_jump] y esto provocaría un "paso a la siguiente Estado", sólo importando si son números positivos o negativos (para poder también retroceder al estado anterior si se detecta una caída drástica del valor de GSR).

2. Necesidad de explicaciones para el sujeto.

Por otro lado es necesario incluir en el sistema una serie de Mensajes informativos que dirijan las acciones que deben hacer los sujetos durante la calibración y después de ésta para empezar el juego. Esto facilitará la observación puesto que el individuo simplemente irá siguiendo las indicaciones cuando las reciba. Cambios implementados en la versión V.9

### **10.3.3. Prueba 3**

Fecha (28/10/20)

Versión Script: V10

Utilizada la versión v10, en la que se ha variado el código del sistema que reacciona a la detección de incrementos por encima del [emotion\_jump] para que simplemente pase al siguiente estado cuando hay cualquier valor de este tipo, en el caso de ser incrementos positivos pasa al siguiente estado y si son incrementos negativos retrocede al estado anterior. Al utilizarlo se ha podido apreciar lo siguiente:

1. Sistema más fluido.

El sistema funciona mucho más fluidamente que el sistema anterior y permite que el jugador siempre vaya pasando por los distintos estados en los que puede escuchar la música asociada a ellos durante al menos 12s. A partir de este período de tiempo el sistema vuelve a estar receptivo al siguiente cambio de emoción. P

2. Saltos negativos.

Puede haber algún individuo en el cual los saltos mayores que [emotion\_jump] sean mayoritariamente negativos o incluso sólo negativos, lo cual generaría, con esta versión de código, una partida sin cambios en la música. En las pruebas piloto se ha comprobado esto en un individuo que ha verbalizado que "no le gustan nada los juegos y que jugar representa un fastidio más que una distracción". Para solucionar esto se ha corregido el código para que salte hacia Estado 4 - Vida o Muerte si recibe un salto "negativo". De esta forma se conseguiría por medio de la música (este es el nivel con más excitación) "activar" el interés que no tenga en el juego per se a través de la música, en cualquier de los dos modos de Juego. En Modo Ayuda

esto puede significar una ayuda para activar la excitación emocional en un jugador apático. Y en el modo reto puede significar un reto aún mayor. Se incorporan los cambios en la v.11

#### **10.3.4. Prueba 4**

Fecha (20/12/20)

Versión Script: V11

Se efectúa una nueva prueba con dos sujetos distintos que reportan ser "gamers". Estos jugadores coinciden en varios aspectos de interés:

##### 1. Juego utilizado

El Juego utilizado tiene el problema de que las partidas son demasiado cortas y no da tiempo a tener una experiencia de juego "normal". Esto sería fácilmente mejorable utilizando otro juego, quizá de una etapa posterior donde las partidas sean más largas y haya más emociones en juego. Se decide cambiar el juego y utilizar el juego "Wolfenstein 3D", que tiene varias ventajas, entre ellas tener partidas más largas, momentos de emoción más destacados y sistema de puntuación incorporado

##### 2. El sistema de control del juego

El sistema utilizado para jugar, el teclado qwerty del ordenador, es limitante porque hay personas que juegan con la mano izquierda por ejemplo, y además hay que estar pendiente de varios botones, lo cual genera una distracción a la hora de jugar.

##### 3. Mediciones

Se ha evidenciado la dificultad en hacer el seguimiento de todas las mediciones que se quieren tomar mientras dura la partida. Por el momento son de interés, el número de saltos, si son negativos o positivos, la duración de la partida, el resultado de la partida y el cuestionario posterior a la partida. Se ha decidido adaptar el sistema para que pueda ser grabado y analizado posteriormente. Estas grabaciones se suben a la plataforma Youtube y se etiquetan con todas las mediciones necesarias. De esta manera quedan registradas cada una de las participaciones para posterior análisis.

#### 10.4. Recogida de datos

A continuación se detallan los datos que se recogen de cada jugador, que luego serán analizados en busca de evidencias en la afectación del uso del sistema basado en la medición fisiológica en la experiencia de juego.

<b>Datos Cuantitativos</b>	
Edad	
Sexo	M/F
Nº Saltos de Emoción	Tanto en la modalidad de "Control" como en la modalidad de "GSR", se monitorizan los saltos de emoción transcurridos durante la partida y si son saltos ascendentes o descendentes.
Tiempo transcurrido	Tiempo total jugado en cada partida
"Score"	Puntuación lograda en cada partida
<b>Datos Cualitativos (self-report)</b>	
Experiencia de Juego	Nivel de experiencia en videojuegos autopercebida. Los jugadores pueden elegir entre ninguna, básico, medio, avanzado o profesional.
Expresiones espontáneas	La colocación de micrófono permite grabar las expresiones espontáneas que van haciendo los jugadores, algunas de ellas exteriorizaciones de la experiencia emotiva, para ser analizadas posteriormente.
Cuestionario final	Al terminar la partida se mantiene una entrevista con el individuo donde se pregunta lo siguiente: - Como ha ido el juego? - Como ha sido tu experiencia emocional? - Qué emociones has experimentado? - Has notado alguna diferencia entre la primera y la segunda partida?

#### 10.5. Población

Se ha citado a un total de 14 sujetos para realizar la experimentación sin un criterio específico de exclusión. Como se verá, esto favorece el análisis de resultados y ha permitido comprender

mejor el funcionamiento del sistema GSR en individuos con una baja motivación por los Videojuegos. A continuación se puede observar los datos recogidos de los participantes.

Nº Sujeto	Edad	Sexo	Nivel de experiencia en VideoJuegos
3	66	M	null
5	65	F	null
6	35	M	exp
7	21	M	exp
8	25	F	min
9	42	M	null
10	15	M	min
11	12	F	min
12	10	M	min
13	23	M	exp
14	44	M	<b>exp</b>

A priori se puede observar que contamos con un 72% de Hombres y un 27% de mujeres. Y se podría también hacer una distinción que ha resultado bastante clara entre un 63% de jugadores con muy poca experiencia como jugadores frente a un 37% de personas con alta experiencia. Las edades son demasiado heterogéneas como para plantear un criterio de agrupación en este momento y el género no se ha tomado en cuenta en este estudio, puesto que sería necesario contar con más casos para poder sacar conclusiones.

## 10.6. Resultados

Durante el proceso de experimentación, se ha hecho evidente la necesidad de acortar el número de partidas jugadas por los sujetos. Esto se ha debido a que a partir de la 3a partida, se hacían visibles signos de cansancio que afectaban dramáticamente a la concentración y el tiempo de las partidas. Por este motivo, finalmente se han recogido solamente los datos de la primera partida (Modo GSR\_Ayuda) y la segunda partida (Modo Control), dejando para futuras investigaciones la experimentación con el resto de modalidades de juego.

En algunas de las mediciones (las dos primeras primeras) se experimentaron problemas técnicos en algún punto del sistema que han provocado la nulidad de la medición, a la vez que han servido para perfeccionar el sistema como ya se ha descrito anteriormente. A continuación se adjunta una tabla con las mediciones correctamente extraídas de la experimentación. (Fig. 8)

#Suj.	Edad	Sex	Game Savvy	PARTIDA 1 (GSR)			PARTIDA 2 (Control)		
				Tmp (min)	Emotion Jumps	Score	Tmp (min)	Emotion Jumps	Score
3	66	M	null	8,7	19	600	8,3	9	1000
5	65	F	null	6,0	7	200	9,7	5	500
6	35	M	exp	6,7	1	8400	7,7	0	7400
7	21	M	exp	11,3	4	10000	16,1	8	22500
8	25	F	min	4,1	1	700	4,2	8	1420
9	42	M	null	5,2	1	1900	7,5	9	3100
10	15	M	min	3,0	2	2100	3,4	0	2400
11	12	F	min	3,7	7	2200	2,2	5	500
12	10	M	min	4,0	1	1800	3,3	5	1300
13	23	M	exp	10,0	13	16100	9,7	11	18900
14	44	M	exp	11,4	0	14600	3,6	2	25200

Fig. 8: Datos recogidos durante la experimentación.

Durante la entrevista practicada a los participantes se han podido extrapolar algunos criterios de agrupación en perfiles que serán descritos más adelante.

## 10.7. Análisis de los Resultados.

Observando los datos numéricos tomando en cuenta las medias de las mediciones de todos los jugadores (Fig. 9), en general se percibe un incremento en todas las medidas, pero sobretodo en el "score". Este último incremento se podría deber a la curva de aprendizaje del juego, sobretodo para sujetos con bajo nivel de experiencia en juegos. En cambio, ni el número de saltos, ni sobre todo la duración han sufrido un incremento sustancioso, lo cual parece indicar que el SMI controlado por la medición GSR genera una respuesta muy parecida al sistema convencional. Para corroborar este extremo, se procede a hacer un análisis más detallado de lo sucedido.

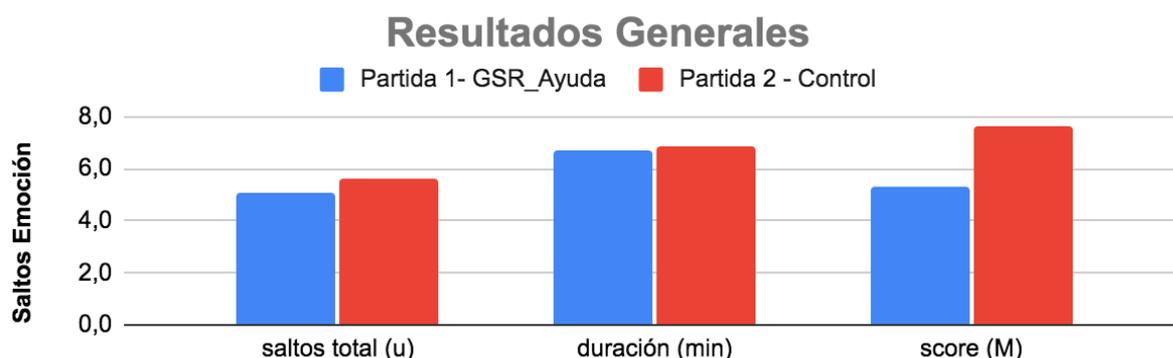


Fig. 9: Análisis de la media de resultados en tres de los parámetros observados.

Se observa que durante la primera partida un 45% de los sujetos mostraron una reactividad muy baja, con 1 o menos "emotion\_jumps". Este grupo lo podríamos categorizar como perfil de "baja\_respuesta". Un 36% de los participantes experimentaron entre 7 y 19 saltos de emoción, perfil al que agruparíamos bajo la categoría de "alta\_respuesta". Viendo la evolución de los jugadores en función de estos perfiles (Fig. 10 ) de respuesta fisiológica, se percibe, en la segunda partida, un descenso marcado de saltos de emoción en los sujetos con alta responsividad y un ascenso en los sujetos con baja responsividad.

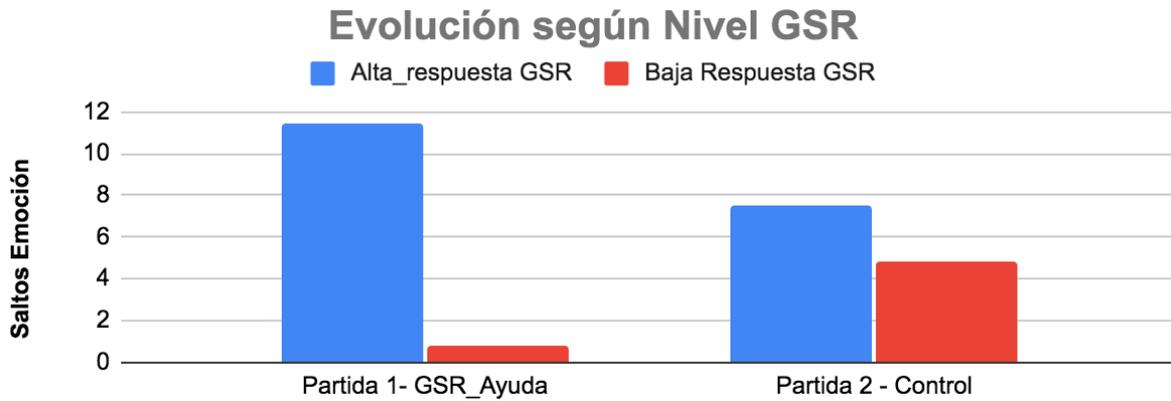


Fig. 10: Comparativa entre primera y segunda partida, según el nivel de responsividad fisiológica.

Contrariamente a lo que parecía en un principio, pues, esto evidencia las grandes diferencias de funcionamiento del sistema controlado por la respuesta fisiológica en función de la respuesta fisiológica natural de los individuos. Mientras que el sistema convencional parece ofrecer una experiencia más estandarizada a todos los jugadores.

Los jugadores con baja respuesta fisiológica reconocen en las entrevistas haber tenido una experiencia sin emociones durante el experimento, debido a distintas razones (interés nulo por los videojuegos, nivel del juego muy por debajo de su nivel, o incluso un esfuerzo consciente por reprimir las emociones como táctica de juego). Haciendo un análisis más profundo, es posible encontrar algunos datos reveladores.

Todos los jugadores de baja\_respuesta que habían reportado también baja experiencia en juegos experimentaron más de un 80% en el número de saltos de emoción en la segunda partida. En cambio, los jugadores de baja respuesta que tenían experiencia en juegos, no experimentaban cambios significativos en la segunda partida. Los jugadores de alta respuesta fisiológica que reportaron cierta experiencia en los Videojuegos experimentaron un descenso significativo en el número de saltos de la segunda partida (Fig. 11).



Fig. 11: Comparación del número de saltos de emoción experimentados por los sujetos, según el nivel de experiencia en videojuegos y el nivel de responsividad fisiológica.

Estos resultados sugieren que el comportamiento del sistema afecta de manera claramente distinta a sujetos con responsividad y experiencia de juego diversas. Los jugadores sin experiencia en videojuegos y baja responsividad se ven "favorecidos" (con más respuesta emocional) en la partida Control, donde el sistema ofrece una mayor variabilidad musical, que a su vez podría estimular a los jugadores induciéndoles distintos niveles de emoción, motivándoles a tener cambios emocionales, a lo cual su fisiología parecería responder en acuerdo. De hecho, tres de estos jugadores reportaron haberse "metido más en la partida" en la segunda partida y reconocían que la música les ayudaba.

Por otro lado, los jugadores con alta responsividad y nivel de experiencia bajo, experimentan una bajada en el número de saltos de emoción. Puede que en este caso la música que reacciona de acuerdo con el nivel de Vida, actúe a modo de aviso o anuncio de situaciones de peligro a lo cual la persona estando preparada para las situaciones, no tenga tanta reacciones fisiológicas emocionales.

## 11. CONCLUSIONES

Fruto del estudio del estado de la cuestión en cuanto a Medición de las emociones en la música en el entorno interactivo, el Sistema Musical Interactivo diseñado para esta investigación ha sido realizado con éxito y ha podido ser utilizado en la fase de experimentación con diversos sujetos, con los que se han podido extraer algunos datos de valor para el futuro desarrollo de esta línea de investigación.

La realización de este Sistema ha incluido la apropiada selección de los sistemas técnicos disponibles, el desarrollo de un código informático al uso, que ha ido siendo adaptado para conseguir una experiencia de juego realista sobre la que hacer observaciones; el diseño de un sistema musical interactivo basado en distintos "Estados o niveles" según la peligrosidad del momento del juego o bien según el estado anímico del jugador observado a partir de la medición fisiológica y por último la composición, instrumentación, secuenciación y producción de la música utilizada, atendiendo a las sugerencias aportadas por la bibliografía científica para generar distintas respuestas emocionales.

La fase de experimentación se ha realizado en plena situación de restricciones con un grupo de población heterogéneo, sin criterios de exclusión específicos. Esto ha facilitado la detección de distintos patrones de funcionamiento en perfiles diferenciados, sobretodo al tener en cuenta la experiencia previa en juegos.

La composición musical ha sido realizada en muy estrecha relación con el sistema musical interactivo diseñado y manteniendo ciertos cánones estéticos estándares en la música utilizada actualmente en videojuegos de acción.

Pese a haber sufrido algunas dificultades técnicas normales en un proyecto como este, el proyecto ha ido experimentando ajustes hasta llegar a un punto de estabilidad en la usabilidad suficiente para poder realizar la experimentación con cierta seguridad.

Finalmente se puede considerar que el proyecto ha alcanzado los objetivos previstos en el

capítulo uno de la forma en que se describe a continuación:

### **11.1. Objetivo 1 - Fundamentación teórica**

*Elaborar una fundamentación teórica sobre los efectos de la música en la percepción humana y evaluar métodos posibles para diseñar para moldear los afectos, estados de ánimo y respuesta a los estímulos, que sea aplicable a la música de videojuegos como modelo de plataforma interactiva.*

Por la naturaleza de esta investigación, de cariz multidisciplinar, ha sido necesario indagar en campos del conocimiento diversos, partiendo, al tratarse de un experimento enmarcado en la experiencia interactiva y de videojuegos, del estudio de trabajos de fundamentación teórica acerca de la experiencia de Juego en los videojuegos.

Tras una indagación introductoria en el estado de la cuestión en el ámbito más genérico de los videojuegos, se ha procedido a la revisión de la literatura ligada a las implicaciones de la composición Musical en la experiencia de Juego , tomando en cuenta la clara distinción entre Música y Diseño sonoro.

Tratándose de un medio que, aunque declarado peculiar y con características propias, pero aun así emparentado con la Música de Bandas Sonoras, se han estudiado comparativamente algunos aspectos teóricos de la Banda Sonora en el entorno bidimensional y en las aplicaciones interactivas.

Por otro lado, y no menos importante, ha sido necesario cubrir el asunto de las emociones, abarcando ciertos aspectos de la Psicología. Des de los métodos de análisis y descripción y catalogación de las emociones, que están bien descritos en la literatura científica, hasta las peculiaridades de las emociones que se generan específicamente en el entorno de la audición Musical, y más concretamente cuando esta música forma parte de un producto audiovisual o interactivo, donde aparecen ciertos aspectos muy interesantes y de vital importancia en una investigación como esta.

Por último la Medición, revisando métodos de medición de las emociones, haciendo un repaso a investigaciones destacadas en las que se ha procedido a medir las emociones en la música, en las bandas sonoras y más recientemente en los videojuegos.

### **11.2. Objetivo 2 - Sistema musical interactivo individualizado**

*Llevar a la música de videojuegos un sistema que permita incluir como elemento motivador de la interactividad algún factor que venga determinado por el estado anímico y características personales propias del jugador (edad, género, demográfico, gustos personales, etc), añadiendo al sistema musical un aspecto 'empático' sensible a las características personales individuales del jugador.*

En las distintas etapas de la investigación se han ido considerando la inclusión de distintos elementos propios del jugador. Finalmente la medición fisiológica ha sido la mejor opción para reflejar en tiempo real alguna característica propia del jugador en el acontecimiento de la partida.

Después de considerar distintas opciones (ritmo cardíaco, expresiones faciales, movimiento corporal, etc), la medición de la respuesta galvánica de la piel o conductancia de la piel ha sido el sistema seleccionado por su capacidad de respuesta en tiempo real.

### **11.3. Objetivo 3 - Experimentación del sistema sobre un videojuego**

*Utilizar el videojuego como modelo práctico sobre el que experimentar acerca de los efectos de la selección musical individualizada sobre el oyente en el entorno audiovisual y sacar conclusiones aplicables a otros contextos interactivos.*

El diseño de un Sistema Musical Interactivo independiente ha permitido su utilización en distintos videojuegos existentes, a los que se les ha silenciado la música pero no los efectos de sonido, consiguiendo así una experiencia de juego realista. El tipo de juego utilizado en un principio (Halo 1a generación) fue sustituido por Wolfenstein 3D, al ser este último un juego

con una dinámica más ágil y con mayor número de estímulos potenciales en un menor tiempo, más acorde con la duración de la experimentación, que ha ido siendo ajustada en función también del tiempo óptimo de juego sin llegar a la fatiga del jugador.

Dada la respuesta de alta variabilidad de respuesta fisiológica encontrada en los distintos individuos, se ha constatado que es aconsejable considerar este sistema como una característica complementaria en el juego si es que se quiere moderar la diferencia de respuesta entre distintos jugadores.

#### **11.4. Objetivo 4 - Diseño sistema de análisis subjetivo.**

*Idear un sistema de análisis subjetivo del jugador consciente e inconsciente, como sistemas de selección en forma de menú inicial donde el jugador pudiera seleccionar preferencias o introducir datos sobre los que basar la selección de música o bien inconscientemente mediante sistemas avanzados de análisis del estado emocional-fisiológico del jugador (lector de pulsaciones, pupilas, etc...), y de generación o creación musical artificial sugeridas por Pasquier et al. (2017) o Agres et al. (2017).*

Para llevar a la experiencia de juego este elemento personalizado utilizando la música se ha diseñado un sistema musical interactivo mediante la utilización de recursos tecnológicos asequibles existentes en el mercado actual. Partiendo de un Arduino Nano y un sensor de GSR (Galvanic Skin Response) conectado a él y colocado en el jugador mientras realiza la partida ha sido posible enviar señales extraídas de la respuesta fisiológica, convertidas al lenguaje MIDI y recibidas por el sistema de gestión y selección musical interactivo Wwise.

El desarrollo de este sistema ha requerido varios prototipos sobre los que se han ido perfeccionando las distintas fases, resultando muy importante la fase de calibración inicial, donde el sistema toma ciertas medidas iniciales del jugador sobre las que luego se desarrolla la selección musical individualizada. También ha sido necesario redefinir el tipo de

funcionamiento de la respuesta del sistema a la medición GSR, pasando de responder diferentemente al valor de los distintos saltos de valor provocados por una situación de estrés a responder solamente a los "picos" de valor generando un salto ascendente o descendente en el sistema de juego independientemente del valor exacto de ese salto. Así se ha podido llegar a un prototipo con el que ha sido posible efectuar diversas partidas con un funcionamiento correcto de los cambios musicales.

### **11.5. Objetivo 5 - Composición Musical Optimizada.**

*Componer músicas optimizadas para generar respuesta emocional en los oyentes/jugadores y permitan valorar la efectividad del sistema interactivo propuesto.*

Del estudio de la bibliografía científica existente ha sido posible extraer varios principios concretos acerca de los efectos de la música sobre los que se ha compuesto la música utilizada en este proyecto.

Tratándose de un sistema en entorno interactivo ha sido necesaria la atención a las características que deben tener las soluciones musicales para este tipo de entorno. La composición por loops, solución de transiciones, apoyo de los distintos niveles de intensidad por medio de los elementos de la composición (armonía, orquestación, ritmo, tonalidad, afinación, etc.).

Además de esto se ha hecho un esfuerzo por generar una música lo más orgánica posible, con cierto nivel de calidad musical y con una producción de sonido lo más profesional posible, mediante la utilización de librerías instrumentales de calidad y postproducción de sonido profesional, con el fin de emular de la manera más realista posible la experiencia de juego estándar actual.

## **11.6. Objetivo 6 - Demostrar la incidencia del sistema en la experiencia de juego**

*Demostrar la incidencia que una adaptación emocional de la música al individuo oyente puede tener en la inmersión y experiencia interactiva. Para comprobar el efecto de estas consideraciones sobre la experiencia del jugador y siguiendo la idea de 'tesis performática' se propone recoger impresiones sobre un grupo de personas a las que se les presenta un videojuego o parte de videojuego con una música compuesta a partir del sistema musical sugerido.*

Tras la observación de estos resultados, se puede concluir que el sistema de Música interactiva controlado por la medición GSR funciona correctamente como sistema válido para crear una experiencia de juego interactiva y es capaz de generar experiencias emocionales distintas a cada jugador atendiendo a elementos de su individualidad. Si bien el comportamiento es muy dispar entre un jugador a otro, este es un hecho esperable debido a las diferencias ya conocidas en la tan variable respuesta fisiológica-emocional de las personas. En este caso es incluso un comportamiento deseable en acuerdo con los objetivos planteados originalmente en esta investigación.

Los diferentes comportamientos del sistema observados en este estudio hacen pensar que su utilización podría participar activamente en la sensación de inmersión de los jugadores, creando pautas de uso diferenciadas según el nivel de experiencia en Videojuegos del individuo y según su responsividad fisiológica. O incluso según la evolución del mismo jugador en la misma partida, utilizando el análisis de datos recogidos en tiempo real y asociándolos al perfil de cada jugador. Podría tratarse como un activo del sistema que se aplicara por ejemplo en ciertos niveles avanzados del juego, donde sólo jugadores con alta experiencia y una necesaria involucración en el juego se vieran favorecidos por las sensaciones ofrecidas por los cambios musicales generados por su propia reacción fisiológica.

Sería necesario llevar a cabo experimentaciones con situaciones de juego de mayor duración para estudiar el efecto que puede tener en jugador el sistema a través de toda la experiencia de juego a largo plazo, donde el jugador va aprendiendo el juego durante largos períodos de tiempo y puede ir observando la distinta respuesta de la música en las partidas, que será

siempre distinta en función de su respuesta emocional de esa partida concreta. Esto aportaría al videojuego un elemento de variabilidad interesante para combatir la monotonía que puede generar la repetición de las jugadas necesarias para pasar de nivel.

Por último, sería interesante estudiar el encaje de este sistema en el diseño de los juegos según sus objetivos e incluso su viabilidad en el entorno de los Serious Games o aplicaciones interactivas con fines más allá de la experiencia lúdica, pasando por la acción terapéutica, educativa o social.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Agres, K., Forth, J., & Wiggins, G. A. (2017). "Evaluation of Musical Creativity and Musical Metacreation Systems." en *Computers in Entertainment*, 14(3), 1–33. <https://doi.org/10.1145/2967506>
- Arnheim, R. (2010). *Arte y percepción visual*. Madrid: Alianza Editorial.
- Bai, J., Luo, K., Peng, J., Shi, J., Wu, Y., Feng, L., Li, J. and Wang, Y. (2017) "Music Recognition by Cognitive Classification Methodologies" en *Proc 2017 IEEE Intl. Conf. on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI'CC'17)*.
- Baumgartner, T., Lutz, K., Schmidt, C. & Jäncke, L. (2006). "The emotional power of music: How music enhances the feeling of affective pictures" en *Brain Research*, 1075, 151-164. doi: 10.1016/j.brainres.2005.12.065
- Bjørn, A., & Pedersen, R. (2015). *Performative Music in Video Games*. Master Thesis. Denmark: Roskilde University.
- Bretherton, B., Windsor, L., & Ng, K. (2015). "Tempo and Autonomic Control of the Heart" en *Heathers*, 56–63. <https://doi.org/10.14236/ewic/eva2015.6>
- Caballero-Meneses, J. & Menez, M. (2010). "Influencia del tempo de la música en las emociones" en *Revista Colombiana de Psicología*, 19 (1), 37-44.
- Cameron, A. (1995). "Dissimulations: illusions of interactivity" en *MFJ*, 28, 33-47.
- Cassidy, G. G., & MacDonald, R. A. R. (2010). "The effects of music on time perception and performance of a driving game." en *Scandinavian Journal of Psychology*, 51(6), 455–464. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2010.00830.x>
- Castillo, R., Anelo, J., & Fernández-Berrocal, P. (2013). "Regulación emocional y variabilidad de la frecuencia cardiaca en directivos varones sanos" en *Revista Espanola de Cardiologia* 66(9), 753-754.
- Chion, M. (1993). *L'audiovisión*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Cohen, A. J. (2001). "Music as a source of emotion in film" en *Music and emotion: Theory and research*, Juslin, P. & Soloboda, J. Oxford: Oxford University Press, 249-272.

Collins, K. (2008). *Game Sound: An Introduction to the History, Theory, and Practice of Video Game Music and Sound Design*. Cambridge, Mass., US: MIT Press.

Collins, K. (2013). *Playing with sound : a theory of interacting with sound and music in video games*. Cambridge, Mass., US: MIT Press.

Cross, K. (2015). 'Forget all the comparison to cinema--games are more like operas' en *Gamasutra*, 23 de noviembre.

[https://www.gamasutra.com/view/news/259854/Forget\\_all\\_the\\_comparisons\\_to\\_cinmagames\\_are\\_more\\_like\\_operas.php](https://www.gamasutra.com/view/news/259854/Forget_all_the_comparisons_to_cinmagames_are_more_like_operas.php) [Consulta: 16 de Abril 2021]

Davies, S. (1980). "The expression of emotion in music" en *Mind*, 89(353), 67-86.

Davis, R. (1999). *Complete guide to film scoring : the art and business of writing music for movies and tv*. Boston, USA: Berklee Press.

Dainow, E. (1977). "Physical effects and motor responses to music" en *Journal of Research in Music Education*, 25(3), 211-221.

Ehrlich, S., Guan, C., & Cheng, G. (2018). "A closed-loop brain-computer music interface for continuous affective interaction" en *Proceedings of the 2017 International Conference on Orange Technologies, ICOT 2017, 2018-Janua*, 176–179. <https://doi.org/10.1109/ICOT.2017.8336116>

Fabiani, M., Bresin, R. & Dubus G. (2012). "Interactive sonification of expressive hand gestures on a handheld device" en *Journal of Multimodal user interfaces*, 6, 49-57.

Fraisse, P. (1976). *Psicología del ritmo*. Madrid: Ediciones Morata.

Gabrielsson, A., & Wik, S. L. (2003). "Strong experiences related to music: a descriptive system" en *Musicae scientiae*, 7(2), 157-217.

Granato, M. (2019). *Emotions Recognition in Video Game Players Using Physiological Information*. Tesis Doctoral. Milano: Università degli studi di Milano.

Gustems Carnicer, J. & Calderón Garrido, C. (2013). "El análisis multimodal en la escucha de los audiovisuales" en *Música y sonido en los audiovisuales*. Barcelona: Universitat de Barcelona.

Hébert, S., Béland, R., Dionne-Fournelle, O., Crête, M., & Lupien, S. J. (2005). "Physiological stress response to

video-game playing: the contribution of built-in music” en *Life Sciences*, 76(20), 2371–2380.

<https://doi.org/10.1016/j.lfs.2004.11.011>

Huiberts, Sander. (2010). *Captivating Sound: the Role of Audio for Immersion in Games*. Tesis doctoral.

Portsmouth: University of Portsmouth. <http://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.529027>

Johnson-Laird, P.N. (1992) “Introduction: What is communication?” en *Ways of communicating*. Cambridge: Cambridge University Press.

Juslin, P. N. & Laukka, P. (2004). “Expression, Perception, and Induction of Musical Emotions: A Review and a Questionnaire Study of Everyday” en *Journal of New Music Research*, 33(3), 217-238.

Juslin, P. N. (2005). “From Mimesis to Catharsis: Expression, perception, and induction of emotion in music” en *Musical Communication*. Oxford: Oxford University Press.

Juslin, P. N. (2010). “Music and Emotion. Seven Questions, Seven Answers” en *Music and the Mind Essays in honour of John Sloboda*. Oxford: Oxford University Press.

Juslin P. N. & Västfjäll, D. (2008). “Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms” en *Behavioral and Brain Sciences* 31, pp. 559-62.

Juslin, P. N., & Sloboda, J. (Eds.). (2011). *Handbook of music and emotion: Theory, research, applications*. Oxford University Press.

Khalfa, S., Roy, M., Rainville, P., Dalla Bella, S., & Peretz, I. (2008). “Role of tempo entrainment in psychophysiological differentiation of happy and sad music?” en *International Journal of Psychophysiology*, 68(1), 17–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.12.001>

Klein, E. (2016). “Feigning Humanity : Virtual Instruments , Simulation and Performativity.” en *IASPM@ Journal*, 6(2). [https://doi.org/10.5429/2079-3871\(2016\)v6i2.3en](https://doi.org/10.5429/2079-3871(2016)v6i2.3en)

Krimova, H. *The Emotion Wheel: What It Is and How to Use It*.

<<https://positivepsychology.com/emotion-wheel/>> [Consulta: 17 de abril 2021]

Krumhansl, C. L., & Agres, K.R. (2008). “Musical expectancy: The influence of musical structure on emotional response” en *Behavioral and Brain Sciences*, 31(5), 584-585.

Labbé, E., Schmidt, N., Babin, J., & Pharr, M. (2007). “Coping with stress: The effectiveness of different types of

music” en *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 32(3–4), 163–168. <https://doi.org/10.1007/s10484-007-9043-9>

Lacárcel, J. (2003). “Psicología de la música y emoción musical” en *Educatio Siglo XXI*, 20-21, 213-226.

Livingstone S., Brown A., Muhlberger R. et al. (2005). “Playing With Affect: Music performance with awareness”. en Australasian Computer Music Conference (ACMC 2005). Australasian CRC for Interaction Design (ACID). Brisbane, Australia: Creative Industries Faculty Queensland University of Technology.

Meyer, L.B. (2001). *Emoción y significado en la música*. Madrid: Alianza Editorial.

Mosquera Cabrera, I. (2013). “Influencia de la música en las emociones: una breve revisión” en *Realitas*, 1(2), p34-38.

Muñoz Gris, H & Ramada Prieto, L (2020). “Donde vivan los juegos” en *CCCBLAB*, 15 de abril. <https://lab.cccb.org/es/donde-vivan-los-juegos/> [Consulta: 16 de Abril 2021]

Pasquier, P., Eigenfeldt, A., Bown, O. & Dubnov, S. (2016). “An Introduction to Musical Metacreation” en *Computers in Entertainment*, 14(2), 1–14. <https://doi.org/10.1145/2930672>

Phillips, Winifred. (2014). *A Composer's Guide to Game Music*. Cambridge, Mass. and London, Engl: MIT Press.

Peretti, P. O., & Swenson, K. (1974). “Effects of music on anxiety as determined by physiological skin responses” en *Journal of Research in Music Education*, 22(4), 278–283. <https://doi.org/10.2307/3344765>

Plans, D., & Morelli, D. (2012). “Experience-Driven Procedural Music Generation for Games” en *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 4(3), 192–198. <https://doi.org/10.1109/TCIAIG.2012.2212899>

Ravaja, N., Saari, T., Turpeinen, M., Laarni, J., Salminen, M., & Kivikangas, M. (2006). “Spatial presence and emotions during video game playing: Does it matter with whom you play?” en *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 15(4), 381–392. <https://doi.org/10.1162/pres.15.4.381>

Riopel, L. (2020). “What is the Positive and Negative Affect Schedule? (PANAS)” en *Positive Psychology* <<https://positivepsychology.com/positive-and-negative-affect-schedule-panas/>> [Consulta: 17 abril 2021].

Sacharin, V., Schlegel, K., & Scherer, K. R. (2012). *Geneva Emotion Wheel rating study (Report)*. Geneva, Switzerland: University of Geneva, Swiss Center for Affective Sciences.

Scarani, S. (2017). *Interactividad como extensión del individuo a través de la creación de Homeostasis: Instalación interactiva para dos corazones y manos*. Tesis Doctoral, Director: Dr. J. Sastre Martínez. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en línea [<https://riunet.upv.es/handle/10251/77145>]. [Consultado: 14 de septiembre 2017].

Sicart, M (2014). *Play Matters*. Cambridge, MA: MIT Press

Schachter, S., Singer, J. (1962). “Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state” en *Psychological Review* 69, 379–399 <https://doi.org/10.1037/h0046234>

Scherer, K. R. (2004). “Which Emotions Can be Induced by Music? What Are the Underlying Mechanisms? And How Can We Measure Them?” en *Journal of New Music Research*, 33(3), 239-251.

Scherer, K. R. (2005). “What are emotions? and how can they be measured?” *Social Science Information*, 44(4), 695–729. <https://doi.org/10.1177/0539018405058216>

Speisman, J. C., Lazarus, R. S., Mordkoff, A., & Davison, L. (1964). “Experimental reduction of stress based on ego-defense theory” en *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 68(4), 367–380. <https://doi.org/10.1037/h0048936>

Stevens, Richard, & Raybould, Dave. (2013). *The Game Audio Tutorial: A Practical Guide to Creating and Implementing Sound and Music for Interactive Games*. UK and USA: Focal Press.

Stobart, D (2015). *On Videogames: Representing Narrative in an Interactive Medium*. Tesis. Lancaster: University of Lancaster. <http://eprints.lancs.ac.uk/78380/>

Sweet, Michael. (2015). *Writing Interactive Music for Video Games: A Composer's Guide*. Addison-Wesley.

Thayer, J. F., & Levenson, R. W. (1983). “Effects of music on psychophysiological responses to a stressful film” en *Psychomusicology: A Journal of Research in Music Cognition*, 3(1), 44–52. <https://doi.org/10.1037/h0094256>

VanderArk, S. D., & Ely, D. (1992). “Biochemical and Galvanic Skin Responses To Music Stimuli by College Students In Biology and Music” en *Perceptual and Motor Skills*, 74((3\_suppl)), 1079–1090.

van Nispen tot Pannerden, T., Huiberts, S., Donders, S., Koch, S. (2011). “The NLN-Player: A System for Nonlinear Music in Games” en *Proceedings of the Internatuinal Computer Music Conference 2011*, University of Huddersfield, England.

Västfjäll, D., Larsson, P., & Kleiner, M. (2002). "Emotion and auditory virtual environments: Affect-based judgments of music reproduced with virtual reverberation times" en *Cyberpsychology and Behavior*, 5(1), 19–32. <https://doi.org/10.1089/109493102753685854>

Volk, A. (2016). *Games: Sound and music for Interactivity and Immersion*. Universiteit Utrecht. Retrieved from [http://www.cs.uu.nl/docs/vakken/msmt/lectures/SMT\\_A\\_Lecture3\\_Interactivity\\_2016\\_presented.pdf](http://www.cs.uu.nl/docs/vakken/msmt/lectures/SMT_A_Lecture3_Interactivity_2016_presented.pdf)

Wallis, I., Ingalls, T., Campana, E., & Goodman, J. (2011). "A rule-based generative music system controlled by desired valence and arousal" en *Proceedings of 8th international sound and music computing conference (SMC)*, 156-157.

Watanabe, K., Ooishi, Y., & Kashino, M. (2017). "Heart rate responses induced by acoustic tempo and its interaction with basal heart rate" en *Scientific Reports*, 7(February), 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep43856>

Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). "Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales" en *Journal of personality and social psychology*, 54(6), 1063.

Williams, D. (2018a). "Affectively-Driven Algorithmic Composition (AAC)" en *Emotion in Video Game Soundtracking* (pp. 27-38). Springer, Cham.

Williams, D. (2018b). "Brain Computer Music Interfacing (BCMI)" en *Emotion in Video Game Soundtracking* (pp. 27-38). Springer, Cham.

Willimek, D., & Willimek, B, (2013). *Music and Emotions. Research con the Theory of Musical Equilibration* [https://www.researchgate.net/publication/324909822\\_Music\\_and\\_Emotions\\_Musical\\_selections\\_Bernd\\_Willimek\\_Music\\_performed\\_on\\_the\\_Test\\_CD\\_Daniela\\_Willimek\\_The\\_authors](https://www.researchgate.net/publication/324909822_Music_and_Emotions_Musical_selections_Bernd_Willimek_Music_performed_on_the_Test_CD_Daniela_Willimek_The_authors) [Consulta: 17 de abril 2021]