

**Parámetros De Diseño Para La Retroalimentación En El Aprendizaje Motor, A
Través De Un Ambiente Virtual De Enseñanza-Aprendizaje**

Fredy Norley Ramos Villamil

Doctor Carlos Eduardo León Salinas

Asesor



Universidad La Gran Colombia

Facultad De Ciencias De La Educación

Maestría En Educación

Bogotá

2022

**Parámetros De Diseño Para La Retroalimentación En El Aprendizaje Motor, A
Través De Un Ambiente Virtual De Enseñanza-Aprendizaje**

Fredy Norley Ramos Villamil

Doctor Carlos Eduardo León Salinas

Asesor



**Universidad La Gran Colombia
Facultad De Ciencias De La Educación**

Maestría En Educación

Bogotá

2022

Tabla de contenido

Resumen	7
1. Introducción	9
2. Justificación	10
3. Objetivos	14
3.1. Objetivo General	14
3.2. Objetivos Específicos	14
4. Planteamiento del problema	15
4.1. Pregunta de investigación	17
5. Estado del arte de la investigación	18
5.1. Las TIC en la educación	19
5.2. Las TIC en la educación física y el deporte	22
5.3. Retroalimentación	27
5.3.1. Retroalimentación Visual	31
5.3.2. Retroalimentación Auditiva	33
5.3.3. Retroalimentación Háptica	35
6. Marco Teórico	38
6.1. Aprendizaje motor	38
6.1.1. La retroalimentación aumentada terminal	40
6.1.2. La retroalimentación aumentada simultánea	40
6.2. Modelos pedagógicos en la EF, ED y la AF	42
6.2.1. Clasificación de los modelos pedagógicos en la EF, ED y la AF	47
6.3. Realidad virtual	47
6.3.1. Metodología para el desarrollo de Sistemas de Realidad Virtual	49
7. Metodología de la investigación	52
7.1. Procedimiento metodológico	52
7.2. Fase de Análisis Bibliométrico	53
7.2.1. Retroalimentación visual	55
7.2.2. Retroalimentación auditiva	58
7.2.3. Retroalimentación háptica	60
7.3. Fase de Clasificación de Diseños de Retroalimentación	63
7.4. Fase de Desarrollo de Parámetros de Diseño	65
7.4.1. Parámetro de Observación	67
7.4.2. Parámetro de Interpretación	67
7.4.3. Parámetro de Diagnóstico	68
7.5. Fase de Estructuración de Ambiente Virtual de Enseñanza-Aprendizaje	71

8.	Resultados	76
9.	Conclusiones	79
10.	Recomendaciones	81
11.	Referencia	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de co-ocurrencia de la palabra aprendizaje motor y retroalimentación en 2000 artículos.....	11
Figura 2. Marcos y estrategias integradas en el mobile learning.....	26
Figura 3. Mapa de co-ocurrencia de la palabra retroalimentación visual.....	32
Figura 4. Mapa de co-ocurrencia de la palabra retroalimentación auditiva en 2000 artículos.....	33
Figura 5. Mapa de co-ocurrencia de la palabra retroalimentación háptica en 2000 artículos.....	36
Figura 6. Teorías del Aprendizaje Motor.....	39
Figura 7. Niveles de la didáctica de la EF, el ED, y la AF.....	46
Figura 8. Modelos pedagógicos de la EF, ED y AF.....	47
Figura 9. Módulos que estructuran un STL.....	50
Figura 10. Metodología de la investigación.....	52
Figura 11. Documentación sobre motor learning y feedback.....	53
Figura 12. Autores representativos sobre motor learning y feedback.....	53
Figura 13. Mapa de calor sobre el aprendizaje motor y la retroalimentación.....	54
Figura 14. Mapa de calor sobre la retroalimentación visual.....	56
Figura 15. Mapa de calor sobre retroalimentación auditiva.....	59
Figura 16. Mapa de calor sobre la retroalimentación háptica.....	61
Figura 17. Ilustración de los diferentes tipos de retroalimentación.....	64
Figura 18. Tipos de retroalimentación.....	65
Figura 19. Niveles que componen el ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje.....	66
Figura 20. Proceso para brindar diagnóstico al estudiante.....	69
Figura 21. Modelos pedagógicos utilizados en la propuesta.....	71
Figura 22. Proceso lógico para el diseño de un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje.....	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Usos pedagógicos de las TIC en relación con las distintas dimensiones	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2. Criterios para la elección de las apps en el contexto educativo	24
Tabla 3. Criterios para la evaluar la Calidad de las Aplicaciones Móviles de Educación Física (CAMEF).....	24
Tabla 4. Tipos de visualización	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Tipos de sonificación.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Tipos de háptica.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Clasificación de los tipos de retroalimentación.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Clasificación de los tipos de dispositivos ópticos	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9. Clasificación de los tipos de dispositivos utilizados para la sonificación	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10. Clasificación de los tipos de dispositivos hápticos.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11. Tipos de sistemas utilizados para el análisis del movimiento.....	¡Error! Marcador no definido.

Resumen

El objetivo de este estudio secuencial es estructurar parámetros de diseño para la retroalimentación en el proceso de aprendizaje motor, a través de un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje. La primera etapa cuantitativa consistirá en realizar un análisis bibliométrico sobre el aprendizaje motor, la retroalimentación y las metodologías para el diseño de ambientes virtuales de enseñanza-aprendizaje, para ello se utilizará el programa vosViewer, que permite realizar mapas de co-ocurrencia, donde por medio de algoritmos se establecen relaciones entre las palabras clave de una temática y su nivel de citación.

Los resultados obtenidos permitirán identificar la ruta de investigaciones que se han llevado a cabo en una línea de tiempo, relacionadas con nuestro estudio. La segunda etapa cualitativa consistirá, con base en los resultados obtenidos, clasificar los diseños de retroalimentación según los propuestos por los diversos autores. En una tercera etapa, se establecerán los parámetros de diseño necesarios para dar retroalimentación en el aprendizaje motor. Y en una cuarta fase será estructurar el modelo multimedia necesario para la navegación del usuario en la plataforma de realidad virtual, según el análisis de los diseños de retroalimentación propuestos.

Se establece un sistema de realidad virtual que permita dar *retroalimentación terminal*; retroalimentación terminal viso-auditivo (GRTVA), retroalimentación terminal viso-háptica (GRTVH), retroalimentación terminal audio-háptica (GRTAH); *retroalimentación simultánea*; retroalimentación simultánea viso-auditivo (GRSVA), retroalimentación simultánea viso-háptica (GRSVH), retroalimentación simultánea audio-háptica (GRSAH).

Palabras clave: Aprendizaje motor, realidad virtual, retroalimentación terminal, retroalimentación simultánea, parámetros de diseño, modelos pedagógicos

Abstract

The objective of this sequential study is to structure design parameters for feedback in the motor learning process, through a virtual teaching-learning environment. The first quantitative stage will consist of carrying out a bibliometric analysis on motor learning, feedback and methodologies for the design of virtual teaching-learning environments, for which the vosViewer program will be used, which allows co-occurrence maps to be made, where by Through algorithms, relationships are established between the keywords of a topic and its level of citation.

The results obtained will allow to identify the route of investigations that have been carried out in a time line, related to our study. The second qualitative stage will consist, based on the results obtained, of classifying the feedback designs according to those proposed by the various authors. In a third stage, the necessary design parameters will be established to give feedback in motor learning. And in a fourth phase, it will be to structure the multimedia model necessary for user navigation in the virtual reality platform, according to the analysis of the proposed feedback designs.

A virtual reality system is established that allows terminal feedback to be given; terminal visuo-auditory feedback (GRTVA), terminal visuo-haptic feedback (GRTVH), terminal audio-haptic feedback (GRTAH); simultaneous feedback; simultaneous visuo-auditory feedback (GRSVA), simultaneous visio-haptic feedback (GRSVH), simultaneous audio-haptic feedback (GRSAH).

Keywords: Motor learning, virtual reality, terminal feedback, simultaneous feedback, design parameters, pedagogical models.

1. Introducción

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han venido permeando en los últimos años diversos contextos, entre ellos, el que más ha sido impactado en nuestra sociedad es el contexto educativo; ya se puede observar el manejo y uso de plataformas que acompañan los procesos de enseñanza-aprendizaje; para Campos (2018) las plataformas más utilizadas, son las inmersas en la Web 2.0, las cuales cuentan con un sistema para buscar y organizar información, fortalecen la comunicación, permiten trabajar de forma colaborativa, y es posible realizar edición y publicación de lo desarrollado, siendo un ambiente muy útil en el contexto educativo.

Estas plataformas dieron origen a nuevas miradas dentro de la educación, llevando a la misma a evolucionar y a romper paradigmas en la enseñanza-aprendizaje del ser humano. Uno de los elementos tecnológicos que surge a partir de este análisis, es la Realidad Virtual (RV), la cual es definida por Gómez et al., (2019) como el arte para simular una presencia física tanto en lugares reales como imaginarios para todo público. Se crean entonces nuevos ambientes (virtuales) que permiten un nivel alto de interactividad, donde las acciones que tome el usuario tendrán repercusiones en el mismo.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estructurar parámetros de diseño para la retroalimentación en el proceso de aprendizaje motor, a través de un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje. Para cumplir con este objetivo, se estructuró la investigación de la siguiente manera; en el *primer capítulo* se presenta la Introducción, la justificación y objetivos; el *segundo capítulo* está compuesto por el planteamiento del problema y el estado del arte; el

tercer capítulo contiene el marco teórico; en el *capítulo cuarto* se presenta la metodología de la investigación y el *capítulo quinto* hace referencia a los resultados y conclusiones.

2. Justificación

Aprender un swing de golf, un tiro a portería, el manejo de armas en las artes marciales, entre otros deportes, implica procesos específicos de enseñanza-aprendizaje, los cuales buscan darse, en algunos casos, de manera individualizada. Uno de los desafíos que nos impone la pandemia actual es el desarrollo de alternativas para apoyar estos procesos de aprendizaje motor¹ desde la virtualidad, puesto que los entrenadores deportivos se encuentran limitados a la hora de evaluar y retroalimentar a cada uno de sus deportistas, alumnos o practicantes, cuando realizan un movimiento.

La retroalimentación es un requisito indispensable (Meinel & Gunter, 2004), la vía más importante para el aprendizaje motor, y es además esencial en los procesos de enseñanza-aprendizaje. También hace referencia a la información sobre el movimiento realizado, a los resultados obtenidos del movimiento en un determinado ambiente, o a las sensaciones percibidas por los deportistas (Arjona, 2015). Es importante por lo tanto, estudiar las estrategias de retroalimentación que más se han utilizado para mejorar los procesos de aprendizaje motor, y sus posibilidades a través de la realidad virtual (RV).

Las primeras y actuales investigaciones en aprendizaje motor, utilizan la retroalimentación visual (pantallas, gafas de realidad virtual, ...) (Boyer, 2015), auditiva (audífonos, parlantes, ...) , háptica (- estimulación táctil - sensores vibrotáctiles, robots, ...) (Shull

¹ Un primer acercamiento a la definición de aprendizaje motor es la planteada por Magill & Anderson (2010) “entendido como la adquisición de habilidades motoras, la mejora del desempeño de habilidades motoras aprendidas o altamente experimentadas, o la readquisición de habilidades que son difíciles de realizar o que no se pueden realizar debido a una lesión, enfermedad, etc.”. (p.56).

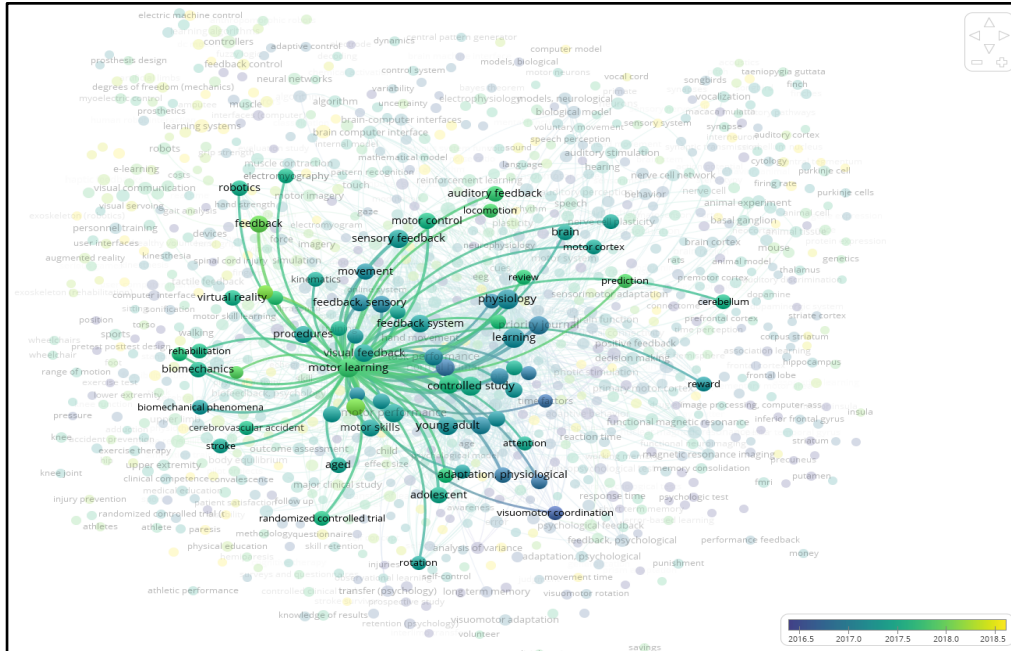
& Damian 2015) (Breda, et al., 2017), y en algunos casos sus relaciones (viso-auditiva, viso-háptica) (Sigrist, 2015) para brindar información, sobre la ejecución del movimiento y los posibles errores que se pueden presentar. Esto permite realizar ajustes al movimiento, reduciendo el tiempo de adquisición y mejorando el rendimiento motor y psicomotor del individuo.

Para sustentar la presente investigación se realizó un mapeo científico (red bibliométrica) utilizando VOSviewer (un programa gratuito para construir, analizar y visualizar redes bibliométricas), donde primero se buscó, a través de la base de datos Scopus, dos palabras claves, motor learning (aprendizaje motor), y feedback (retroalimentación), arrojando 5,208 documentos, posteriormente se descargó una base de datos de los primeros 2000 documentos ya que es el límite que se permite para exportar en formato RIS². Finalmente se abrió el archivo en VOSviewer y con algunos parámetros se crea la red bibliométrica (**ver Figura 1**) para ser analizada.

Figura 1.

Mapa de co-ocurrencia de la palabra aprendizaje motor y retroalimentación en 2000 artículos.

² RIS (Sistemas de Información de Investigación). Estos archivos se utilizan principalmente para la rápida y sencilla implementación de funciones de citas y bibliografías en documentos de texto. Tomado de <https://www.reviversoft.com/es/file-extensions/ris>



Nota. La figura presenta una fuerte relación entre el aprendizaje motor y la retroalimentación visual, es decir, que la visualización del movimiento es una de las alternativas más estudiadas por los investigadores para la adquisición de habilidades motoras. Los colores hacen referencia a la línea de tiempo en el que fue escrito y la distancia entre ellas, significan una relación fuerte (si hay una distancia corta) y una relación débil (una distancia más larga). Elaboración propia.

Estas investigaciones alrededor del aprendizaje motor, han aportado en diferentes áreas del conocimiento, como la neurociencia, medicina, ciencias de la computación, ingeniería, psicología, matemáticas, fisioterapia, actividad física, deporte, educación, entre otros. Sin embargo, los diseños de retroalimentación en el aprendizaje motor, aquí investigados, se han limitado al estudio de una modalidad sensorial (visual) o (auditiva) o (háptica), o la comparación entre ellas, (visual y auditiva, visual y háptica, audio y háptica) y en escasas investigaciones la suma entre ellas (viso-auditiva) o (viso-háptica).

La presente investigación surge de la necesidad de estudiar la forma más eficiente de brindar retroalimentación, desde las distintas modalidades, durante el proceso de aprendizaje motor, con el fin de plantear parámetros de diseño eficientes que permitan retroalimentar de forma (viso-auditiva), (viso-háptica) y (audio-háptica) al estudiante cuando adquiere y retiene información de habilidades motrices desde la virtualidad, así como establecer criterios para la

construcción de estos diseños a un costo mínimo, ya que los actuales diseños de retroalimentación son de alto coste y se implementan normalmente en laboratorios especializados.

Igualmente, esta investigación busca ofrecer información útil para entrenadores, educadores físicos, fisioterapeutas y para estudiosos en el campo del aprendizaje motor, sobre los elementos necesarios para la construcción de escenarios de realidad virtual, proyectados a través de cualquier tipo de gafas de realidad virtual que cuente con controles táctiles, brinden retroalimentación (viso-auditiva), (viso-háptica) y (audio-háptica), durante el proceso de adquisición y retención de habilidades motrices.

Finalmente, se apunta a ampliar las modalidades de retroalimentación hacia la audio-háptica, aunque son muy limitadas las investigaciones en este campo, (van Breda, 2017), (Choquehuayta, 2018) y las pocas lo han estudiado de forma independiente o contrastándolas, en una población específica (ciegos) (Sanchez, 2011), (Espinoza, 2013), es un excelente punto de partida para ampliar esta modalidad hacia el campo del deporte y estudiar las posibilidades que este tipo de retroalimentación puede ofrecer.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Estructurar parámetros de diseño para la retroalimentación en el proceso de aprendizaje motor, a través de un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje.

3.2. Objetivos Específicos

- 3.2.1. Identificar diseños de retroalimentación que se han utilizado dentro del campo del aprendizaje motor.
- 3.2.2. Clasificar los diseños de retroalimentación según las propuestas de los autores más representativos en el campo del aprendizaje motor.
- 3.2.3. Establecer los parámetros de diseño necesarios para dar retroalimentación en el aprendizaje motor.
- 3.2.4. Proponer un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje, para brindar retroalimentación durante el proceso de aprendizaje motor con base en los análisis de los diseños de retroalimentación existentes.

4. Planteamiento del problema

Educar y formar al ser humano con una personalidad de gran capacidad y disposición para rendir tanto física como intelectualmente, en todos los campos del deporte y la educación física, implica una formación de cualidades y destrezas motoras. La adquisición (y *retención*³) de estas capacidades y de las técnicas deportivas (swing de golf, tiro a portería...) con un nivel de dominio, en el proceso de aprendizaje motor, aparte de ser un factor determinante para el rendimiento deportivo, es y será uno de los problemas primordiales de la metodología deportiva (Meinel & Gunter, 2004).

En la actualidad existe un gran número de investigaciones alrededor del aprendizaje motor, especialmente en la manera como el ser humano adquiere y retiene información, y cómo esta información a su vez es utilizada en diversos escenarios para responder a tareas motrices con un alto nivel de eficiencia. En el caso del deporte, encontramos los récords mundiales que cada cuatro años alcanzan los deportistas de alto rendimiento, jugadores que asombran con sus altas capacidades técnico-tácticas, deportes cada vez más exigentes y entrenadores en búsqueda de herramientas que les permitan responder a estos desafíos.

Por lo tanto, la formación de entrenadores deportivos (pedagogos deportivos), desde la virtualidad, con un conocimiento claro del proceso del aprendizaje motor; que influyan, formen y eduquen al ser humano en su totalidad (Meinel & Gunter, 2004) será de vital importancia, no

³ La *retención* será estudiada por otros autores, como Batalla (2005), Magill et al. (2010), Tadayon et al. (2017) entre otros.

solo para alcanzar altos logros deportivos, sino también como transformadores de sociedad a través del movimiento. Y en este punto, el programa *Tecnólogo en Entrenamiento Deportivo* del SENA surge para ofrecer al sector productivo del deporte, la recreación y la actividad física, la posibilidad de incorporar a seres humanos íntegros con altas calidades laborales y profesionales que puedan contribuir positivamente en la productividad, competitividad, equidad y desarrollo del país (SENA, 2021)⁴.

Este programa de formación posee la competencia: *250801012 - Fundamentar la preparación técnico - táctica del deportista según la disciplina y/o modalidad en el nivel de formación deportiva*, para lo cual se hace necesario inicialmente que los aprendices identifiquen, conozcan y apliquen los conceptos del desarrollo motor teniendo en cuenta las etapas de evolución “*fases sensibles*” (Martinez, 2009) de los seres humanos desde el punto de vista fisiológico, morfológico, físico y psicológico entre otros, analizando a su vez el significado de la motricidad y como esta fue fundamental para el desarrollo psíquico, intelectual, moral y estético-cultural de la humanidad (Meinel & Gunter, 2004).

Luego que el aprendiz haya conocido y comprendido las bases del desarrollo motor es necesario profundizar en el aprendizaje motor de movimientos más complejos que demandan las técnicas deportivas, o según Meinel (2004) “*la construcción práctica de la formación técnica deportiva, o sea la ejercitación motora en el entrenamiento*”. Sin embargo, el aprendizaje para la enseñanza de las técnicas deportivas en el SENA se queda en generalidades, escasamente pre deportivos, por lo tanto se hace indispensable buscar estrategias para el proceso de enseñanza-aprendizaje de técnicas deportivas que permitan a los aprendices, no solo comprender la

⁴ El servicio nacional de aprendizaje como establecimiento público de orden nacional, adscrito al ministerio del trabajo, ofrece formación gratuita a millones de colombianos en programas técnicos, tecnológicos y complementarios enfocados en el desarrollo económico, tecnológico y social del país.

eficiencia mecánica de los movimientos (biomecánica deportiva) y por lo tanto mejorar el conocimiento, la comprensión y la aplicación de técnicas deportivas, sino en entender el proceso de cómo el ser humano adquiere y retiene una habilidad, apropiando los elementos esenciales del aprendizaje motor.

4.1. Pregunta de investigación

Por lo tanto, según los planteamientos antes citados, la presente investigación busca responder a la pregunta:

¿Qué parámetros de diseño se deben seguir para hacer retroalimentación en el proceso de aprendizaje motor en un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje?

5. Estado del arte de la investigación

La pandemia actual, nos puso desafíos cada vez más exigentes, sobre todo en el campo de la educación del movimiento, pues si anteriormente era complejo realizar retroalimentación a cada uno de los aprendices, estudiantes, deportistas; ahora desde la virtualidad se buscan alternativas que permitan no solo hacer seguimiento y control a uno o varios deportistas, sino brindar una retroalimentación eficiente y eficaz cuando se ejecuta un movimiento o gesto técnico.

El avance de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en diferentes campos del conocimiento ha provocado que el ser humano adquiera nuevas destrezas y habilidades para responder ante lo que Castells (2000) denominó la sociedad red o la era de la información, donde se desarrollan nuevas redes de conocimiento; en el caso del deporte se pueden observar la creación de instrumentos de medición que permiten hacer seguimiento y control al deportista, como software, sistemas de planificación del entrenamiento deportivo, análisis biomecánico de la técnica deportiva, entre otros.

El presente capítulo se encuentra organizado en tres apartados, donde se analiza la ruta que ha tenido las TIC en el campo de la educación, la educación física y el deporte : *Las TIC en la educación* (donde se describe la importancia que tienen las tecnologías de la información y la comunicación en la educación); *Las TIC en la educación física y el deporte* (que incluye los efectos que han surgido del uso de las TIC en el campo de la educación física y el deporte); y

finalmente la *Retroalimentación* (en el que se analizan las posturas de distintos autores, sobre el uso de la retroalimentación en el campo del aprendizaje motor, mediado por las TIC).

5.1. Las TIC en la educación

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han ido transformando los ámbitos de la vida cotidiana, su productividad, su cultura, las ideas de la sociedad; jugando un papel muy importante en la formación de valores y modelos apropiados por niños, jóvenes y adultos (Córtes, 2010). También han sido una herramienta fundamental en la educación, y sobre todo en la educación superior, evidencia de ello es la influencia que estas tecnologías han tenido en las instituciones educativas que ofrecen formación en este nivel educativo y en este campo, utilizando para ello las TIC inmersas en la Web 2.0, las cuales cuentan con un sistema para buscar y organizar información, fortalecen la comunicación, permiten trabajar de forma colaborativa, y es posible realizar edición y publicación de lo desarrollado, siendo un ambiente muy útil en el contexto educativo (Campos, 2018).

Cada institución, por lo tanto, debe propender por formar a ciudadanos competentes, hábiles para solucionar problemas, que suelen presentarse en diversos escenarios sociales provocados por el desarrollo tecnológico del siglo XXI, de manera ética, responsable e integral. Para alcanzar lo anterior, el docente debe replantear los procesos de enseñanza-aprendizaje, apoyándose en innovaciones educativas que apropien el uso de las TIC, sin embargo, suelen existir diversos factores que ralentizan el uso de esta en el contexto educativo, como lo son las metodologías para su incorporación, la falta de rutas (Neira, 2018)... políticas públicas, infraestructura, dotación tecnológica (Apolo, 2019).

Uno de los trabajos más recientes que enmarca *la importancia de políticas públicas estratégicamente planificadas para la integración de las TIC y analiza el uso pedagógico de*

estas tecnologías en el contexto educativo es el de Ballesteros (2017). En su trabajo la autora plantea la importancia del equipamiento como punto de partida para la generación de políticas, seguido de la infraestructura, el análisis del currículo, la formación de los docentes en este campo y las oportunidades educativas.

Su propuesta apunta al diseño de una estrategia educativa para apoyar a profesores a usar pedagógicamente las tecnologías de la información y la comunicación; para ello, en una *primera fase*, identifica la *infraestructura tecnológica que se utiliza en el aula*; por medio de una escala para escuelas, la cual permitió identificar la percepción de los docentes sobre los equipos entregados, al igual que la conectividad a Internet, también se utilizó cinco tipos de categorías para clasificar el equipamiento tecnológico en las aulas. En esta parte se pudo evidenciar que el 79.6% de los docentes contaban con equipos tecnológicos, mientras que el 98.4% de los niños de un grado menor recibieron un apoyo tecnológico; el grupo de niños de grado mayor solo el 56.1% tenían un equipo tecnológico, recibido del grado anterior, en buen estado; por otro lado, se identificó que en las aulas, solo el 37.5% funcionaba la conectividad de Internet.

Posteriormente se analiza *la percepción de los profesores sobre las habilidades digitales*, donde se aplica la escala, por autoreporte, de habilidades digitales de docentes, teniendo en cuenta seis dimensiones (*1. creatividad e innovación, 2. comunicación y colaboración, 3. investigación y manejo de información, 4. pensamiento crítico, 5. ciudadanía digital, 6. funcionamiento y conceptos de las TIC*). El resultado permitió clasificar a los profesores de la siguiente manera; *sin uso de las TIC, principiante, medio y experto*. Donde el 50 % de estos, estuvo entre los niveles medio y experto en habilidades digitales, mientras que un 25% de los profesores no utilizan las TIC en su práctica pedagógica.

Seguidamente, identifica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las *habilidades digitales de los docentes, en relación al género y la edad*, al aplicar la prueba t Student. Al relacionar la variable *habilidades digitales*, y las *dimensiones* que la sustentan, con la variable *horas/día que utiliza el docente en el uso de la tecnología* (con base en esta variable y tomando como referencia media - dos horas - se formaron tres grupos; primero, profesores por debajo de dos horas - *bajo uso* - ; segundo, los que utilizan dos horas - *medio uso* - ; y tercero, quienes usan más de dos horas - *alto uso* -), a través de la prueba Anova de un factor; se obtuvo como resultado que existen diferencias significativas en las dimensiones; *1. creatividad e innovación, 2. comunicación y colaboración, y habilidades digitales de los docentes*, razón por la cual se aplicó posteriormente la prueba de Bonferroni; donde se encontró que la dimensión *1. creatividad e innovación, 2. comunicación y colaboración*, el grupo de - *bajo uso* - fue el que marcó la diferencia con una media menor con relación a los otros dos grupos (- *medio uso* - y - *alto uso* -) ($1 < 2,3$). En el caso de la variable *habilidades digitales* el grupo de - *bajo uso* - en contraste con el grupo de - *alto uso* - se encontró diferencia significativa ($1 < 3$). En estos dos casos se pudo evidenciar que la media fue mayor para los docentes que utilizaron dos y más horas al día para el uso de la tecnología en el contexto educativo.

En este punto, al analizar los *usos pedagógicos de las TIC* con las dimensiones *1. creatividad e innovación, 2. comunicación y colaboración, 3. investigación y manejo de información, 4. pensamiento crítico, 5. ciudadanía digital, 6. funcionamiento y conceptos de las TIC*, y utilizando la escala (a veces, casi siempre y siempre) se obtuvo la relación que aparecen en el **Anexo Tabla 1**.

A partir de este análisis, se puede inferir que tan importante es que el docente tenga un nivel óptimo en el manejo de habilidades digitales; por otro lado se presentan diferencias

significativas para la variable habilidades digitales y las dimensiones anteriormente mencionadas, donde la media mayor es para los docentes con mayor capacitación, siendo similar a los hallazgos de Mortis et al. (2013) citado por Ballesteros (2017), reportando relaciones significativamente positivas entre el número de capacitaciones realizadas por el docente en el campo cognitivo.

Afirmando esta postura, Cabero (2015) plantea la necesidad de desarrollar estrategias que le permitan al maestro dar más tiempo al uso continuo de las TIC, empezando desde la planificación de actividades hasta el desarrollo de ambientes virtuales. A su vez, estas habilidades del siglo XXI, se deben promover entre los educandos (Binkley et al.2012) y sobre todo apuntando hacia las dimensiones que obtuvieron medias muy bajas en el estudio de Ballesteros (2017); *1. creatividad e innovación*; las cuales se encuentran intrínsecamente vinculadas a las TIC; y la *2. comunicación y colaboración*; que permiten la creación de competencias complejas.

5.2. Las TIC en la educación física y el deporte

El uso de las TIC en el campo del deporte y la actividad física han permitido mejorar los procesos de planificación en el entrenamiento deportivo, es posible capturar y sistematizar datos importantes a través de diversas herramientas como, programas informáticos, plataformas de fuerzas, analizadores de gases, GPS, cicloergómetros, entre otros muy importantes. Igualmente se ha mejorado la forma de almacenar los datos obtenidos, de analizarlos y de presentarlos tanto a los entrenadores como a los deportistas; gracias a diversas investigaciones que han aunado esfuerzos por dar solución a las necesidades que se presentan en este campo, perfeccionando los

procesos que se dan en el entrenamiento deportivo y en el rendimiento de los deportistas (Pereira, et al. 2018).

Sin embargo, en el campo de la educación física, como afirma Barahona (2020), los docentes a pesar de mostrarse interesados en las TIC, y de fortalecer sus competencias digitales, se encuentran con obstáculos de uso, generados por la falta de recursos digitales, de conectividad, o del uso de las TIC tradicionales desligados de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Este autor presenta una investigación, en la que busca mostrar el potencial de mejora e innovación pedagógica que tiene el mobile learning y las aplicaciones en la educación física, al igual que proporcionar a los docentes e investigadores un marco de análisis que muestre cómo conseguirlo.

Esta investigación parte de la importancia del aprendizaje móvil (mobile learning), llegando a ser un instrumento pedagógico muy importante al momento de aprender haciendo y al reflexionar *sobre, en y para* la acción, en donde los usuarios y los usos tecnológicos pueden llegar a complementarse. Seguidamente se indica que una de las variables que inciden y que se deben tener en cuenta es la del perfil del alumnado, ya que los jóvenes han nacido en un mundo con internet, celulares, mensajería instantánea, conocen y crean nuevas redes sociales; una generación hiperconectada y multimedial, la cual percibe una gran cantidad de información, no solo de un ambiente de formación, además tiene la capacidad de realizar actividades de manera simultánea (Feixa, et al. 2016).

En cuanto al aspecto pedagógico y los espacios donde se desarrolla la educación física, el autor analiza que el docente hace uso de las TIC, antes (*fase preactiva*) y después (*fase post-activa*) de la sesión, diseñando, gestionando y evaluando las temáticas, es decir se limita al aula de clase, a un ambiente controlado y esto va en contravía a lo que son las experiencias didácticas

que se dan en el patio, en un espacio abierto o en los propios ambientes deportivos. Las TIC deben llevarse a este tipo de espacios de acción, evitando que sea a la inversa como sucede en los colegios o escuelas, ya que permitirá realizar un seguimiento y control a los estudiantes de una manera más eficaz y eficiente.

Barahona (2020) igualmente indaga el uso de las Apps en el campo del deporte, la actividad física y la salud, donde se encuentra una gran cantidad asociadas a estos campos. El autor propone unos criterios para elegir apps de calidad, que permitan alcanzar los objetivos propuestos en las sesiones. (**Tabla 2**)

Tabla 1. *Criterios para la elección de las apps en el contexto educativo*

Criterios para la elección de las apps en el contexto educativo	
Se debe identificar el desarrollador de la App	Priorizar software libre y apps gratuitas
Debe estar acorde a la edad de uso	Libres de publicidad
Tener en cuenta valoración y reseñas	Uso de aplicaciones multiplataforma
Apps con frecuente actualización	Buena relación entre prestaciones y memoria

Nota Adaptado de Retos y oportunidades de la tecnología móvil en la educación física. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, Barahona, J. D. (2020)

Con base en lo anterior, el autor propone una herramienta para evaluar la calidad de las apps en la educación física (CAMEF) (**Tabla 3**); el diseño se basa en criterios de usabilidad tecnológica y pedagógica, además de pautas éticas basadas en la literatura indagada, sustentada a su vez en normas y estándares internacionales. Este instrumento cuenta con 30 indicadores⁵ que permiten medir la calidad de las aplicaciones móviles en la educación física.

⁵ En la investigación se habla de 30 ítems, sin embargo se cuentan 34 indicadores.

Tabla 2. *Criterios para la evaluar la Calidad de las Aplicaciones Móviles de Educación Física (CAMEF)*

Criterio	Ítems	Descripción
La usabilidad tecnológica	17	Evalúa la facilidad de uso, la navegación o el diseño
La usabilidad pedagógica	8	Mide la versatilidad, la utilidad didáctica y la contribución al desarrollo curricular
Criterios éticos, de seguridad y de privacidad	9	Permite identificar la legalidad de la app y sus implicaciones éticas.
Se establece una escala Likert de 1 a 5 (donde: 5 = <i>Totalmente de acuerdo</i> ; 4 = <i>De acuerdo</i> ; 3 = <i>Indiferente</i> ; 2 = <i>En desacuerdo</i> ; 1 = <i>Totalmente en desacuerdo</i>)		
Con valores entre 320-245, la app es <i>muy recomendable</i> , entre 244-150 es <i>recomendable</i> y entre 149-75 <i>no recomendable</i> .		

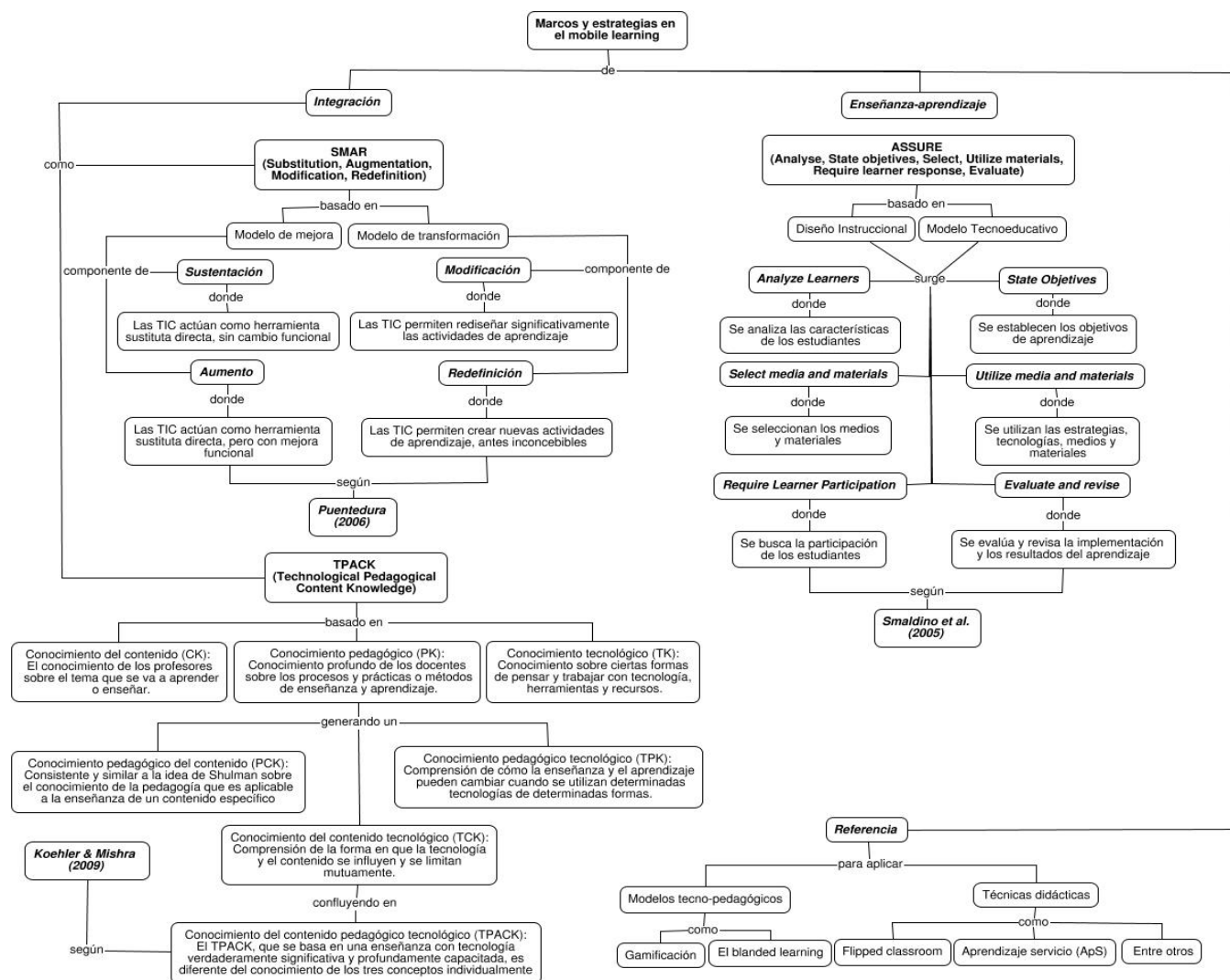
Nota. Entre mayor sea la sumatoria de la escala, esta tendrá una mayor idoneidad y usabilidad tecno-pedagógica. Sin embargo al analizar los rangos de los valores, estos no son matemáticamente exactos, ya que si se multiplicará la escala más alta, cinco con los 34 ítems, esto nos daría como valor 170, este sería el valor más alto posible, no obstante el valor máximo que aparece en el artículo es de 320, se desconoce de donde se tomaron estos valores. Adaptado de Retos y oportunidades de la tecnología móvil en la educación física. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, Barahona, J. D. (2020)

Este instrumento, es una propuesta para investigadores, desarrolladores y profesores, que les permitirá identificar métricas, dominios e indicadores claros de usabilidad y calidad. El autor promueve el validar esta herramienta por medio de investigaciones de campo, de laboratorio o a través de mediciones prácticas, ya que los docentes necesitan ratificar el valor de este material curricular dentro de sus procesos de enseñanza-aprendizaje con sus estudiantes.

Por otro lado, Barahona (2020) identifica unos marcos y estrategias para integrar el mobile learning en la educación física, ya que como dice Carr (2011), la escuela debe asumir la realidad de la tecnología, ya que esta es imparable; pero se debe tener claro el para qué y el cómo introducirla dentro de los ambientes de enseñanza-aprendizaje. En la figura 2, se observan algunos de los marcos que nombra Barahona, los cuales son una suma de la redefinición y sinergia tecno-pedagógica con el avance de la tecnología.

Figura 2.

Marcos y estrategias integradas en el mobile learning



Nota. La figura muestra algunos modelos tecno-pedagógicos y tecno-educativos Adaptado de Retos y oportunidades de la tecnología móvil en la educación física. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, Barahona, J. D. (2020)

Para lograr integrar el aprendizaje móvil, en los espacios de la educación física, el deporte, la actividad física,... como describe Barahona (2020) estos modelos, marcos y estándares de referencia, si bien son necesarios aún son insuficientes, es por ello que se debe apuntar al diseño de modelos ad hoc que permitan esta integración y que tengan en cuenta los procesos de retroalimentación que se dan en el aprendizaje motor. Esto podría optimizar las relaciones que se presentan entre los profesores, alumnos y el uso de la tecnología, enriqueciendo las experiencias de aprendizaje basadas en, sobre, para la acción y la reflexión crítica (Koekoek, & Van Hilvoorde, 2018).

5.3. *Retroalimentación*

Las investigaciones alrededor de la retroalimentación como se mencionó anteriormente han utilizado las modalidades sensoriales visual, auditiva y háptica, para brindar información, sobre la ejecución del movimiento y los posibles errores que se pueden presentar cuando se ejecuta un gesto técnico. Cuando se estudian las modalidades sensoriales de forma independiente se conoce también como retroalimentación unimodal, y cuando estas modalidades sensoriales se analizan de forma combinada se les conoce como retroalimentación multimodal.

Una de las primeras revisiones sobre *retroalimentación aumentada*⁶ *unimodal* (visual, auditiva, háptica) y *multimodal* (audiovisual, viso-háptica, audio-háptica y audiovisual-háptica) en el aprendizaje motor fue abordada por Sigrist et al. (2013) en donde se plantea que la retroalimentación aumentada, proporcionada por un experto humano o un despliegue técnico, mejora eficazmente el aprendizaje motor; la manera como se suministra la retroalimentación o feedback motiva controversias entre los investigadores.

⁶ El adjetivo “aumentado” se refiere a agregar o mejorar algo, que en este caso implica agregar o mejorar la retroalimentación intrínseca de la tarea (Magill & Anderson, 2013)

Los avances tecnológicos han permitido investigar el uso de la retroalimentación aumentada unimodal y multimodal, en la solución de tareas motoras. El objetivo de este estudio fue abordar el potencial que ofrece la retroalimentación unimodal y multimodal en el marco de las teorías del aprendizaje motor. Esta revisión se refiere a las razones de los diferentes impactos de las estrategias de retroalimentación entre lo visual, lo auditivo, las modalidades hápticas y los retos que hay que superar para proporcionar información adecuada en estas modalidades, ya sea de forma aislada o en combinación.

De acuerdo a esto el autor propone unos criterios de diseño para el éxito de la retroalimentación aumentada unimodal y multimodal. La revisión concluye, que de forma general aún no es posible extraer resultados generales sobre la eficiencia de la retroalimentación debido a cuatro razones principales. En primer lugar, una gran diversidad de movimientos han sido investigados hasta ahora, pero se carece de una evaluación sistemática dentro de las clases de movimiento. Es probable que en un futuro se pueda transferir los conocimientos adquiridos acerca de la efectividad de una determinada estrategia de retroalimentación aumentada dentro de las clases de movimiento.

En segundo lugar, una comparación sistemática de la retroalimentación concurrente con otras estrategias de retroalimentación, como la retroalimentación terminal, han sido poco investigadas siendo necesario realizar estudios que permitan evaluar cuál es la mejor estrategia. En tercer lugar, los diseños de retroalimentación dentro de una modalidad deben ser evaluados antes de una comparación con otras modalidades de retroalimentación. Ya que conclusiones como *la retroalimentación visual es más eficaz que la retroalimentación auditiva* suelen ser débiles si no tiene un buen sustento investigativo, además puede pasar que la retroalimentación auditiva no esté bien diseñada.

En cuarto lugar, esta revisión muestra que la investigación sobre la retroalimentación multimodal en el aprendizaje motor está todavía en sus primeras fases, ya que no se han reportado muchos estudios. Sigrist et al. (2013) y Schmidt et al. (2018) plantean que hasta ahora han sido investigadas sólo tareas manuales simples, de forma artificial y unidimensional, a pesar de que en la vida real la mayoría de las tareas motoras son multidimensionales y complejas. Se cuestiona si los conocimientos adquiridos a partir de tareas de laboratorio pueden ser transferidos a otras tareas y si los resultados que se obtienen en estudios de control motor son también válidos en el aprendizaje complejo y en las tareas de adaptación (Krakauer & Mazzoni, 2011) con la retroalimentación aumentada.

De igual manera, existe una gran complejidad en analizar tareas del mundo real y sobre todo el dar retroalimentación háptica. Sin embargo, una posible solución podrían ser los simuladores en entornos virtuales, ya que permiten investigar en ambientes de forma segura, modificable y realista, dando retroalimentación aumentada y terminal, y de tipo unimodal y multimodal (Sigrist et al., 2013). Para Guadagnoli y Lee (2004) un factor primordial para acelerar el aprendizaje motor, es el desafiar óptimamente al estudiante a través del manejo y control de la complejidad de la tarea, los diseños de retroalimentación, los valores de retroalimentación, y sus modalidades.

Finalmente Sigrist et al. (2013), manifiestan que se debe analizar la eficacia de estos simuladores de entrenamiento en distintos deportes, una posibilidad está en combinar un entrenamiento óptimo en un simulador y sus tipos de retroalimentación con entrenamientos en el mundo real, siendo una alternativa eficaz de transferencia de la ejecución del gesto técnico.

Dos años más tarde, Sigrist et al. (2015) publican una investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de retroalimentación simultánea⁷ en el remo tronco-brazo. Los autores investigaron si la retroalimentación multimodal audiovisual y viso-háptica son más eficaces para el aprendizaje que la retroalimentación visual por sí sola. Se formaron tres grupos de sujetos sin tratamiento previo en un simulador de remo, con base en realidad virtual. El primer grupo se retroalimentó de forma visual, donde el remo del sujeto se superpone a la meta del remo, que continuamente se hizo más transparente cuando la desviación entre los remos disminuyó. Por otra parte, un rastro de la trayectoria del sujeto surge si las desviaciones exceden cierto umbral.

Un segundo grupo fue entrenado con retroalimentación audiovisual, utilizando la sonificación⁸ del movimiento del remo, además de la retroalimentación visual para facilitar el aprendizaje del perfil de velocidad. El tercer y último grupo tuvo retroalimentación visoháptica, donde el movimiento del remo fue inhibido por la desviación de la trayectoria dependiente de las fuerzas de frenado para mejorar el aprendizaje de aspectos espaciales. Según los autores la retroalimentación unimodal visual, así como los diseños multimodales de retroalimentación audio-visuales y viso-hápticos, en este estudio estimularon el aprendizaje de una tarea compleja en el mundo real.

En general, la eficacia de la retroalimentación aumentada podría no depender exclusivamente de la frecuencia de realimentación. El estudio concluye que todos los grupos

⁷ La retroalimentación también puede ser de tipo simultánea, y es cuando se recibe información durante la ejecución del movimiento, igualmente puede ser de tipo terminal, y se da cuando se termina la ejecución del movimiento. Se amplían estos conceptos en el marco teórico.

⁸ El uso de sonido no hablado (*nonspeech audio*) para tratar o canalizar la información es lo que se denomina sonificación y es un actual campo de investigación. Más específicamente podemos definir la sonificación como la transformación de relaciones de datos en relaciones acústicas con el propósito de facilitar la comunicación y la interpretación.

disminuyeron significativamente el error espacial (Tendencia en el grupo visual) y el error de velocidad de la línea de base en las pruebas de retención. Por su parte, la retroalimentación audiovisual fomenta más significativamente el aprendizaje del perfil de velocidad que la retroalimentación visoháptica. El estudio reveló que un buen diseño de la retroalimentación simultánea fomenta el aprendizaje de las tareas complejas, especialmente si se aprovechan las ventajas de las distintas modalidades. Para los autores, nuevos estudios deberían analizar el impacto de los parámetros de diseño dentro de la retroalimentación y la transferencia de los resultados a otras tareas en el deporte y la rehabilitación.

5.3.1. *Retroalimentación Visual*

En los últimos años, la visión ha sido la modalidad más investigada para optimizar la retroalimentación aumentada en el proceso de aprendizaje motor (**Fig. 3**), ya que es la manera más fácil y natural de percibir información espacial y de brindar información sobre los gestos técnicos desarrollados. Las estrategias de aprendizaje visual, en el campo del aprendizaje motor más utilizadas son el aprendizaje por observación o por imitación, así como la demostración en video de un experto (Sigrist et al., 2013).

Este mismo autor indaga sobre las investigaciones realizadas alrededor de la retroalimentación visual simultánea y terminal, hallando que este tipo de retroalimentación es poco favorable para el aprendizaje de tareas motoras sencillas (como la adquisición de un movimiento simple de brazo (Schmidt & Wulf, 1997), tareas simples de producción de fuerza isométrica (Ranganathan & Newell, 2009) ; (Van der Linden et al., 1993) o una tarea de soporte parcial de peso (Winstein et al., 1996).

Sin embargo, el aprendizaje de tareas motoras complejas con retroalimentación visual simultánea ha resultado ser más eficaz. Diversos estudios analizados por Sigrist et al., (2013)

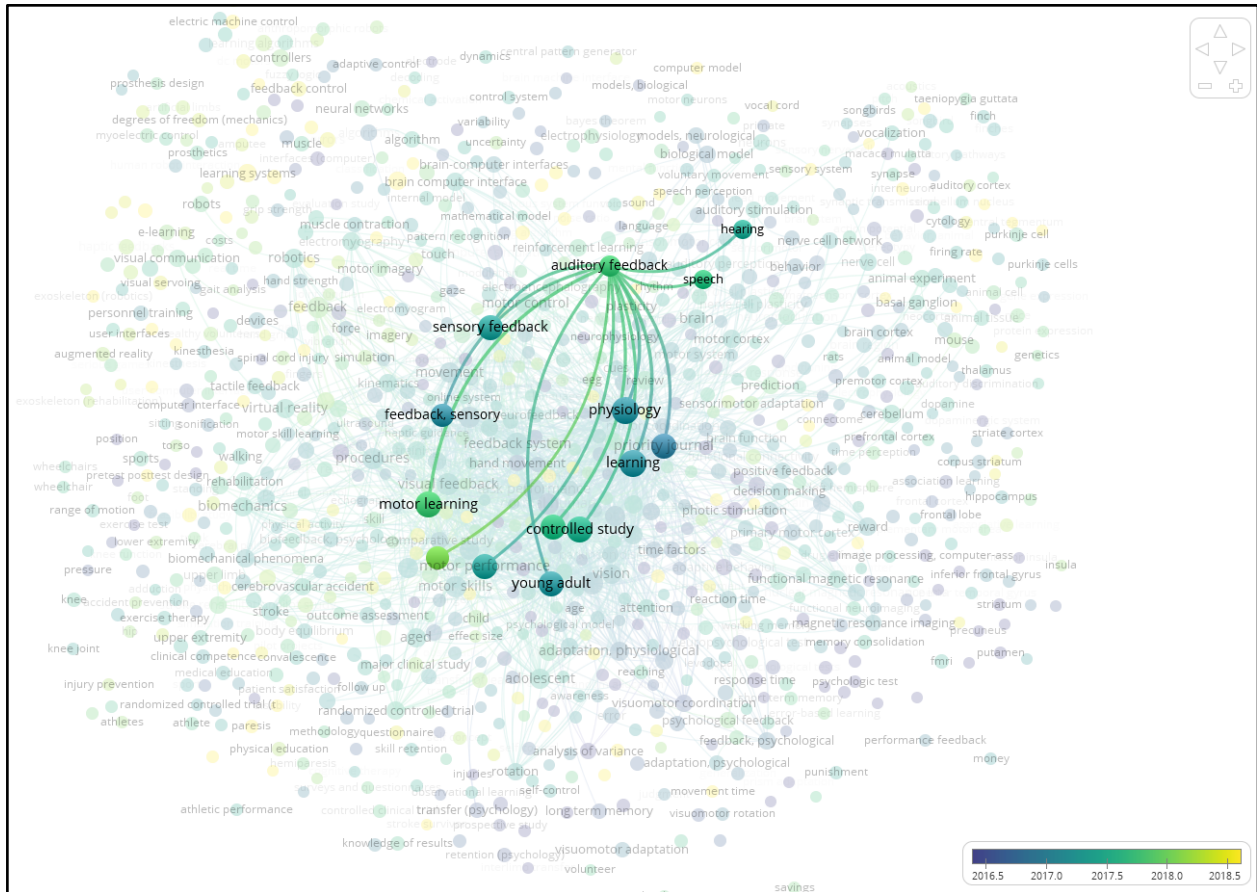
retroalimentación. Otros estudios como el de TRAVEE (Terapeuta virtual con retroalimentación aumentada para la rehabilitación neuromotora) (Ferche et al., 2017), utilizan en gran parte la retroalimentación visual para darle información al paciente sobre los ejercicios realizados, llegando a mejorar su capacidad motriz sin la necesidad de un terapeuta presencial.

5.3.2. Retroalimentación Auditiva

Para Secoli, Milot, Rosati y Reinkensmeyer (2011) es posible que la retroalimentación auditiva ayude a mantener el enfoque en la tarea, además de la atención en aspectos específicos del movimiento (Schaffert, Mattes, Effenberg, 2011). Igualmente la audición es más eficaz para percibir la periodicidad, regularidad y la velocidad del movimiento (Kapur *et al.*, 2005; Kramer, 1994). Como se puede visualizar en la *Figura 4*, son varias las investigaciones que se han desarrollado alrededor de la retroalimentación auditiva y sus posibilidades en la mejora del aprendizaje motor.

Figura 4.

Mapa de co-ocurrencia de la palabra retroalimentación auditiva en 2000 artículos



Nota. La figura presenta la relación entre aprendizaje motor y retroalimentación auditiva, los colores hacen referencia a la línea de tiempo en el que fue escrito, y la distancia entre ellas significan una relación fuerte (si hay una distancia corta) y una relación débil (una distancia más larga). Elaboración propia.

Otras investigaciones han utilizado la retroalimentación auditiva, utilizando en algunos casos la sonificación⁹ (Dyer, 2015), (Dyer, 2017), como método para proporcionar retroalimentación en el aprendizaje motor. También se ha demostrado que mejora la percepción, el rendimiento y el aprendizaje de los aspectos dinámicos/temporales de un movimiento (Sigrist, 2015). La mayoría de las investigaciones ha desarrollado

Por otro lado dentro de la línea de retroalimentación auditiva y además dentro del campo deportivo de la natación encontramos una de las presentaciones más sobresalientes presentadas

⁹ La sonificación del movimiento implica el uso de tecnología para generar sonido a partir del movimiento corporal humano (Dyer, 2015).

en *The XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, por Ungerechts, Cesarini, y Hermann (2014), donde se realizó una primera prueba a un sistema que permite producir sonido en tiempo real, de la masa de agua desplazada debido a las acciones autónomas de propulsión, como es el caso del estilo pecho.

Este es un avance prometedor hacia el objetivo de utilizar biorretroalimentación auditiva en tiempo real de las actividades espaciales acuáticas, permitiendo información complementaria hacia el Comportamiento Sensorial Motor. Para el estudio se utilizaron dos piezo-sondas en cada mano, uno en la palma de la mano y el otro en el dorso, conectados a través de tubos flexibles (4mm) a lo largo del brazo y por detrás del hombro hasta los sensores de presión ubicados en una caja a prueba de agua, fijada a su vez a una varilla, que se mantuvo por encima del nadador en movimiento.

Los datos de los sensores de presión, se procesan a través de un microcontrolador y se transmiten a través de un cable USB a un portátil transportado en una bandeja, parecida a la de los vendedores ambulantes. El sonido fue procesado por medio del programa SuperCollider y fue emitido por altavoces estéreo. Los sujetos manifestaron que los tubos no incomodaron al momento de realizar la actividad, y que la calidad del sonido fue percibida en tiempo real como *si cada acción en el agua diera una reacción inmediata*.

La verificación en tiempo real da beneficios positivos, ya que el retraso de 123 ms no está lejos del umbral de reacción de las acciones de los deportistas. Por otro lado, no se tuvo en cuenta en esta primera prueba, el efecto de las asignaciones en los nadadores durante el desarrollo de las actividades motoras ni el diseño del sonido funcional.

Futuras investigaciones deberán profundizar, probar y analizar el efecto de la sonificación, sobre todo en dos aspectos; un aspecto se relaciona con el conocimiento-nivel del

nadador cuando utiliza otro canal de información, junto con la red neuronal existente en relación con la percepción de *sentir el agua*; el otro aspecto apunta a una nueva forma de comunicación entre el entrenador y los bañistas (élite) sobre una acción más eficaz en el ajuste de la técnica.

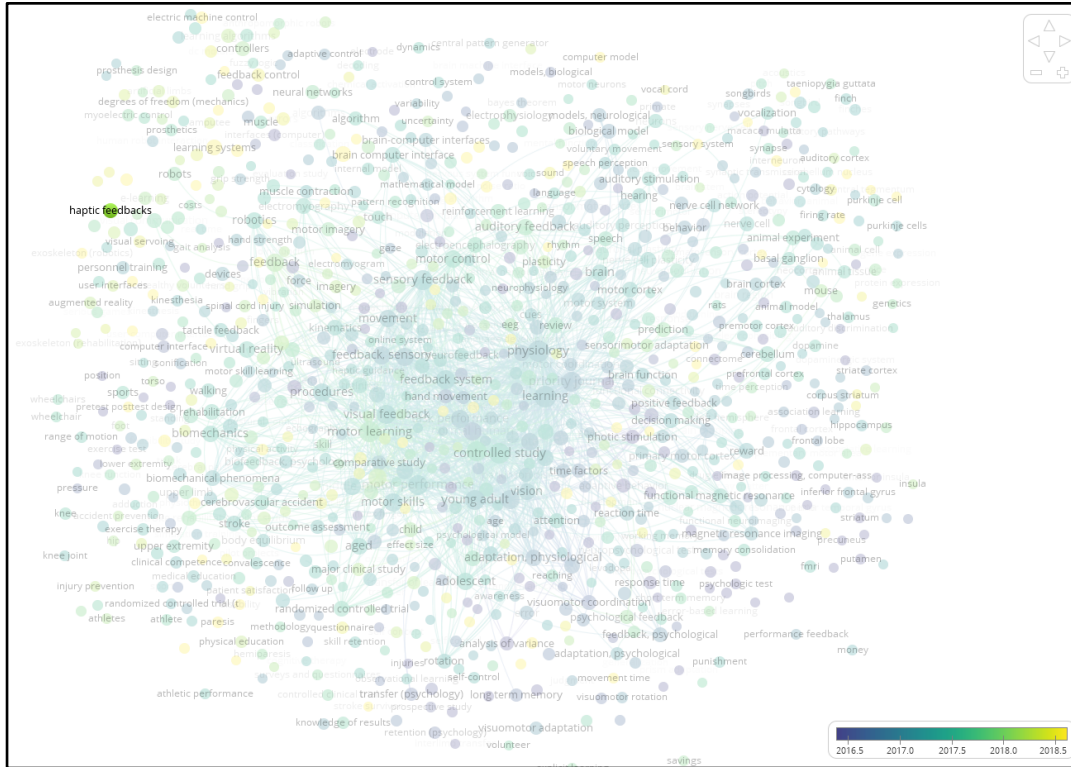
Finalmente, para resumir, los autores plantean que por un lado el nadador podrá beneficiarse de esta retroalimentación biológica interactiva de aprendizaje, como un medio de *autocontrol*; y por otro lado los entrenadores serán informados más detalladamente, al igual que expertos en física de flujo podrían utilizar los datos presión-tiempo originales para el análisis del comportamiento de flujo no estacionario.

5.3.3. Retroalimentación Háptica

Por su parte, la retroalimentación háptica es la única modalidad bidireccional (Hale y Stanney 2004; Minogue y Jones, 2006), es decir, que puede tanto alterar, perturbar o ayudar físicamente el movimiento del sujeto. En la *Figura 5* se puede observar que la retroalimentación Háptica esta un poco relegada dentro del campo del aprendizaje motor, sin embargo en otras áreas como en la fisioterapia es muy utilizado, razón por la cual se hace necesario ampliar sus posibilidades al campo del deporte.

Figura 5.

Mapa de co-ocurrencia de la palabra retroalimentación háptica en 2000 artículos



Nota. La figura presenta una relación debil entre el aprendizaje motor y la retroalimentación háptica. Los colores hacen referencia a la línea de tiempo en el que fue escrito y la distancia entre ellas, significan una relación fuerte (si hay una distancia corta) y una relación débil (una distancia más larga) . Elaboración propia.

Dentro del campo de la retroalimentación háptica encontramos varios trabajos de gran importancia, un ejemplo de ellos es la tesis Doctoral del Doctor Luis B. Sanabria (2008), la cual centra su interés en la representación espacial del entorno, producida por el efecto de dispositivos tecnológicos que se adaptan al ser humano mediante sus mecanismos sensoriales. El autor específicamente, en términos de estrategias, hace referencia a la identificación de las diferencias en la representación espacial, con el uso de un sistema mecatrónico comparado con el uso del bastón clásico.

El estudio evidenció que el sistema mecatrónico (DMREI), es mejor en la configuración del espacio y ayuda a la anticipación perceptiva; mientras que el bastón clásico disminuye la anticipación perceptiva, la cual depende del recuerdo de mojonos (señales), llevando a que la representación espacial sea ineficiente. El autor plantea que cuando el sujeto tiene una

anticipación perceptiva, existe un mejor procesamiento de información lo cual genera un mayor aprendizaje, es decir, existe una mejor compilación del conocimiento del entorno.

Igualmente, el autor infiere que el uso del sistema mecatrónico ayuda a organizar la manera en que el sujeto (invidente) configura el ambiente. Ya que el aparato indica la presencia de mojones en el entorno, a través de la emisión de estímulos, que luego el sujeto tiende a memorizar, y al recordarlos se puede hacer una mejor configuración del espacio, como quedó demostrado en los mapas táctiles con los cuales se realiza el estudio de la representación espacial de personas invidentes.

El uso de estrategias tiende a ser un factor vital que diferencia la utilización del sistema respecto de la utilización del bastón. Como lo demuestran las investigaciones de Gaunet, Martínez y Thinus-Blanc (1997); Hill, E., Rieser, J., Hill, M., Halpin, J. y Halpin, R. (1993), el manejo de una variedad de estrategias consolida una mejor representación del espacio. Con base en estas conclusiones y según el análisis de los mapas de navegación y los reportes verbales, el autor evidencia que el uso del dispositivo generó el manejo de una mayor variedad de estrategias.

Finalmente, el estudio desde el punto de vista pedagógico, concluye que el entrenamiento de atención, sería un factor que debe tenerse en cuenta para que el invidente actúe con cierto grado de anticipación perceptiva. De igual manera, el entrenamiento con el uso de mapas táctiles ayudaría a la identificación de lugares en contextos reales.

El autor propone que otro aspecto que se debe tener en cuenta, es la de diseñar dispositivos que le permitan al invidente actuar con una mayor base de conocimiento, producto de la información que reciben a través de la estimulación táctil. Como quedó demostrado con el uso del dispositivo (DMREI) con el cual existe un mayor número de señales que transmiten

información a la persona invidente que le ayudan a localizar objetivos y, por consiguiente, a hacerse una buena representación del espacio.

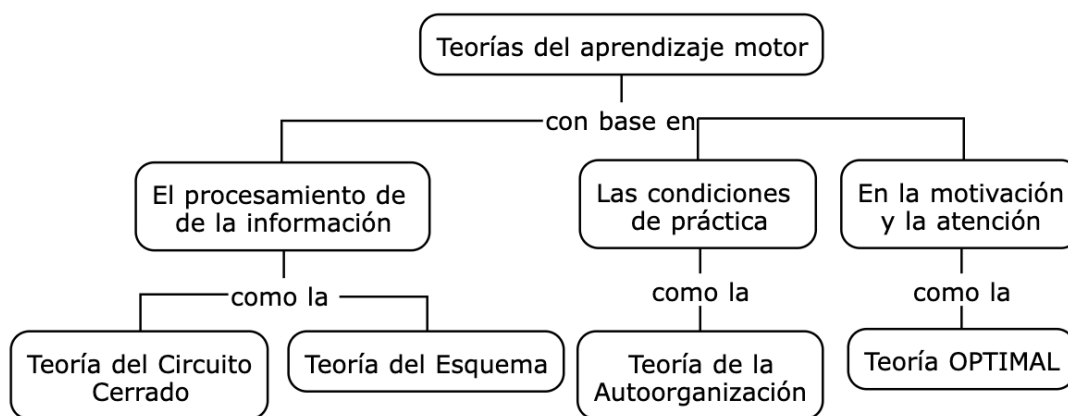
Respecto al manejo de estrategias, la investigación deja abierta la posibilidad de adaptar algunas para el aprendizaje en orientación y movilidad de las personas invidentes. Se considera que el entrenamiento con la utilización de estas estrategias podría mejorar las condiciones de desplazamiento de estas personas.

6. Marco Teórico

6.1. Aprendizaje motor

Probar estrategias que permitan acelerar el aprendizaje y el control motor del movimiento humano es un asunto de interés de investigadores y profesionales en diferentes campos como la cirugía, la rehabilitación motora, las ciencias de la actividad física y el deporte (Sigrist, et al., 2015). Estas estrategias tienen como objetivo disminuir los errores que se pueden presentar al realizar una acción motriz (Norman, 1985: como se cita en Ruiz & Arruza, 2005). Además, buscan evitar la ralentización del movimiento.

Dentro del campo del aprendizaje motor, existen diversas teorías que han permitido el estudio del movimiento, entre ellas encontramos la Teoría del Circuito Cerrado de Adams (1971), la Teoría del Esquema de Schmidt (1975), Teoría de la Autoorganización (1996) y la Teoría Optimal (2010) (*Figura 6*). Estas teorías han permitido solidificar los procesos de aprendizaje motor, dándole herramientas a los diferentes estudiosos del movimiento, para que a su vez generen en su praxis nuevas estrategias que permitan seguir el curso de estas teorías, optimizando el entrenamiento, la rehabilitación motora, la enseñanza misma del movimiento entre otros.

Figura 6.*Teorías del Aprendizaje Motor*

Nota. La figura presenta las diversas teorías del aprendizaje motor. Adaptado de “Retroalimentación y aprendizaje motor: influencia de las acciones realizadas de forma previa a la recepción del conocimiento de los resultados en el aprendizaje y la retención de habilidades motrices.”, Batalla Flores, A. (2005), <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/43053>

Las estrategias más estudiadas en los últimos años para mejorar la adquisición y retención de las habilidades motrices en el proceso de aprendizaje motor, han surgido del análisis de la influencia del *conocimiento de la ejecución y el conocimiento de los resultados*, varios autores como Batalla (2005), Magill y Anderson, (2010), Wulf y Lewthwaite (2016), Schmidt et al. (2018) entre otros, coinciden en englobar estos conceptos en lo que se conoce como *retroalimentación aumentada RA (o feedback aumentado FA)*, la cual suele clasificarse en; *retroalimentación aumentada terminal*¹⁰ RAT (*extrínseca*) y *retroalimentación aumentada simultánea*¹¹ (*concurrente*)RAS.

6.1.1. La retroalimentación aumentada terminal

Esta retroalimentación se realiza siempre después de la ejecución de las tareas, esta permite identificar de forma sistemática los errores repetidos que se pueden presentar durante la solución

¹⁰ La RAT se realiza siempre después de la ejecución de las tareas.

¹¹ La RAS es proporcionada durante la ejecución de las tareas.

de tareas motrices (Park, Shea y Wright, 2000; Wulf, Shea y Matschiner, 1998), además induce a que el sujeto conozca sobre su propio rendimiento. El conocer los errores y su incidencia en el rendimiento deportivo genera aumento de la autoestima (Sigrist, *et al.*, 2015).

Para Guadagnoli y Khol (2001); Liu y Wrisberg (1997); Swinnen, Schmidt, Nicholson, y Shapiro (1990) una autoestima alta puede llegar a ser importante en el aprendizaje motor, puesto que incrementa el rendimiento durante el entrenamiento (Sigrist, *et al.*, 2015; Park, *et al.*, 2000; Wulf, *et al.*, 1998; Flores, 2006).

6.1.2. La retroalimentación aumentada simultánea

Este tipo de retroalimentación es proporcionada durante la ejecución de las tareas, se da de forma inmediata y oportuna, información sobre la calidad del movimiento a lo largo de la solución de tareas motrices, sin esperar a su finalización, y puede llegar a ser eficaz para el aprendizaje de tareas más complejas (Kovacs y Shea, 2011; Marschall, Bund, y Wiemeyer, 2007; Sigrist, Rauter, Riener, y Wolf, 2013; Snodgrass, Rivett, Robertson, y Stojanovski, 2010; Swinnen, Lee, Verschueren, Serrien, y Bogaerds, 1997; Todorov, Shadmehr, y Bizzi, 1997; Wishart, Lee, Cunningham, y Murdoch, 2002; Wulf *et al.*, 1998).

Sin embargo, se descubrió un “*doble efecto*” de estos tipos de RA: positivo en la adquisición, pero negativo en la retención de las tareas a aprender. Para explicar este doble efecto se acudió a 4 hipótesis: *la hipótesis del guiado, la hipótesis de la especificidad, la hipótesis de las correcciones innecesarias y la hipótesis de las recuperaciones espaciadas* (Batalla, 2005).

La *hipótesis del guiado* fue formulada por Salmoni, Schmidt y Walter (1984), quienes sostienen que la información aportada por la retroalimentación aumentada durante la práctica, motiva al sujeto, favorece la detección y corrección del error, y mejora de esta manera, el

rendimiento alcanzado (Sigrist, *et al.*, 2015). No obstante, esta información, en tareas simples bloquea e inhibe la utilización de mecanismos intrínsecos de detección y corrección del error, la cual crea una especie de dependencia del sujeto al utilizar dicha retroalimentación. (Flores, 2006; Sigrist, *et al.*, 2015).

La *hipótesis de la especificidad* según la tesis de Henry 1968 (citado por: Goodwin y Meeuwsen 1995) hace referencia a la similitud entre las condiciones presentes en la fase de adquisición y las propias de la fase de retención. En la mayoría de estudios relacionados con esta modalidad de retroinformación, durante la fase de adquisición, los sujetos reciben retroalimentación aumentada, mientras que en las fases de retención esta información no se halla disponible. Los defensores de la hipótesis de la especificidad afirman que la falta de similitud entre las condiciones de ambas fases, hace que, en la segunda, se produzca una disminución del rendimiento (Batalla, 2005)

Según Batalla, (2005) la *hipótesis de las correcciones innecesarias*, parte que en muchas ocasiones los errores cometidos en la respuesta (sobre todo si se trata de errores leves) no se deben a una programación incorrecta de esta sino al *ruido*, a la imprecisión inherente del sistema motor humano. Es decir que las órdenes pueden ser correctas, pero su traducción final en movimientos puede no serlo debido al margen de precisión del sistema de movimiento. Si la retroalimentación aumentada es demasiado frecuente o demasiado precisa, se *fuera* al aprendiz a que corrija, a que varié su respuesta aun cuando, en un sentido estricto, esta no es incorrecta. Esta variedad originada por la retroalimentación aumentada afecta de manera negativa al aprendizaje de la habilidad, lo que se manifiesta, sobre todo, en la fase de retención (Schmidt, Lange y Young, 1990).

Finalmente, la *hipótesis de las recuperaciones espaciadas* (Hagman, 1983 citado por: Winstein, Pohl y Lewthwaite, 1994) proviene del aprendizaje verbal y sostiene que la mera repetición de una respuesta correcta no conduce necesariamente a su aprendizaje, sobre todo si el “esfuerzo cognitivo” invertido en su realización es excesivamente bajo. Según esta hipótesis, las respuestas precedidas de la retroalimentación aumentada estarían excesivamente guiadas por éste, disminuyendo, de esta manera, el esfuerzo cognitivo invertido en la práctica y, consecuentemente, la tasa de retención de la tarea (Batalla, 2005).

6.2. Modelos pedagógicos en la EF, ED y la AF

Los modelos pedagógicos se han convertido en una realidad que acompaña el proceso de enseñanza-aprendizaje en las sesiones de Educación Física (EF), de Entrenamiento Deportivo (ED) y en la Actividad Física (AF). Mejorar la salud física, tanto individual como de forma colectiva, el conocimiento sobre el movimiento y su incidencia en el ambiente, aumentar la participación en deportes, en actividades al aire libre, y la búsqueda de mejores y mayores experiencias de éxito, son algunas de las razones por las que el profesorado ha incorporado los modelos pedagógicos en su práctica diaria (Pérez et al., 2021).

Pérez et al. (2021) plantea un recorrido terminológico sobre la didáctica que se usa en estas áreas formativas (EF, ED, AF), con el propósito de acotar y definir lo que en la comunidad académica y científica internacional se considera un “*modelo pedagógico*”. Para converger la gran cantidad de términos y definiciones los autores lo simplifican de *lo más pequeño a lo más grande* y de *lo más clásico a lo moderno*. El objetivo de estos autores es el de aclarar conceptos y que estos sean útiles para los docentes, profesores, maestros de cada nivel de formación y para los investigadores de estas áreas.

Los autores plantean niveles metodológicos para este estudio. Un primer nivel son *las estrategias en la práctica*, entendidas como la manera especial de presentar diferentes actividades que hacen parte del proceso de enseñanza de una habilidad motriz (Sicilia & Delgado 2002). Estas estrategias, se centran en *un elemento* del proceso de enseñanza-aprendizaje; (*la actuación del docente*), y suelen clasificarse tradicionalmente en analíticas, globales, mixtas, trabajo a través de circuitos, y la enseñanza a través de claves. Las estrategias en la práctica, son la base, *el nivel micro de la didáctica*, tanto en la EF, como en el ED, y la AF, puesto que inciden directamente en las *tareas*.

El segundo nivel son *los estilos de enseñanza*, definidos por Gutiérrez y López (2008) como el producto del paradigma del proceso-producto, su origen parte de describir y correlacionar las formas de instrucción con éxitos de aprendizaje, llegando a la búsqueda del profesor eficaz. Los estilos de enseñanza se centran, por su parte, en *dos elementos* del proceso de enseñanza-aprendizaje; *el docente y (la producción) del estudiante*, sin embargo, como lo menciona Sicilia (2004) desde la mirada de los estilos de enseñanza, la atención se centra en las directrices del profesor, el cual marca la pauta antes (pre-impacto), durante (impactó) y después (post-impacto) (como se cita en Pérez et al., 2021).

Mosston & Ashworth (2008), desde el espectro de los estilos de enseñanza, presentan 11 miradas que abarcan desde el mando directo (muy directivo) hasta la auto-enseñanza (muy poco directivo). Por otra parte, Sicilia & Delgado (2002) agrupan los estilos en tradicionales, los que fomentan la individualización, los que propician la socialización, y los que favorecen la creatividad. Los estilos de enseñanza se consideran, por lo tanto, como *el nivel meso de la didáctica* de la EF, el ED, y la AF, ya que afectan tanto a las *tareas* como a las *sesiones* completas.

El tercer nivel son *los métodos de enseñanza*, entendidos por Sicilia & Delgado (2002), como el conjunto de momentos y técnicas, que están lógicamente coordinados para dirigir el aprendizaje del estudiante hacia objetivos determinados; estos métodos centran su atención en *tres elementos* del proceso de enseñanza-aprendizaje; *docente, estudiante y contenido a enseñar*. Sin embargo, como lo señala Gimeno (1981), el concepto de método de enseñanza es considerado confuso y polivalente, puesto que no se ha trabajado ampliamente en la literatura científica, utilizando con mayor prioridad los estilos de enseñanza.

Para Pérez et al. (2021), se debe partir del mundo anglosajón, para entender la evolución terminológica en el campo de lo que se denomina *Physical Education and Sport Pedagogy* (Pedagogía de la Educación Física y el Deporte) y lo que ha derivado, a lo que actualmente se conoce como *Modelos Pedagógicos* (Pedagogical Models) y que para los autores podría ser el verdadero *tercer nivel metodológico*. Joyce & Weil (1972), hace 50 años introdujeron el término *Models of Teaching* (Modelos de enseñanza); seguidamente, en (1985) Jewet y Bain hablaron de *Curriculum Models* (Modelos Curriculares).

Por su parte Metzler en el (2005) introdujo el término *Instruccional Models* (Modelos de Instrucción); Haerens et al., (2011) manifestaron que estas propuestas convergen en una idea, *la práctica basada en modelos en EF*, donde se identifican objetivos de aprendizajes específicos y características únicas, alejados del currículo tradicional donde se buscaba solo el dominio de ciertos deportes, por medio de la adquisición de habilidades motrices específicas. Esta nueva idea apunta al desarrollo de actividades que sean relevantes, agradables e interesantes para los estudiantes, promoviendo a su vez un estilo de vida activo y saludable.

De acuerdo a lo anterior, Pérez et al. (2021) “definen los modelos como estructuras de andamiaje, para que los docentes puedan desarrollar unidades didácticas con base en ellos, los

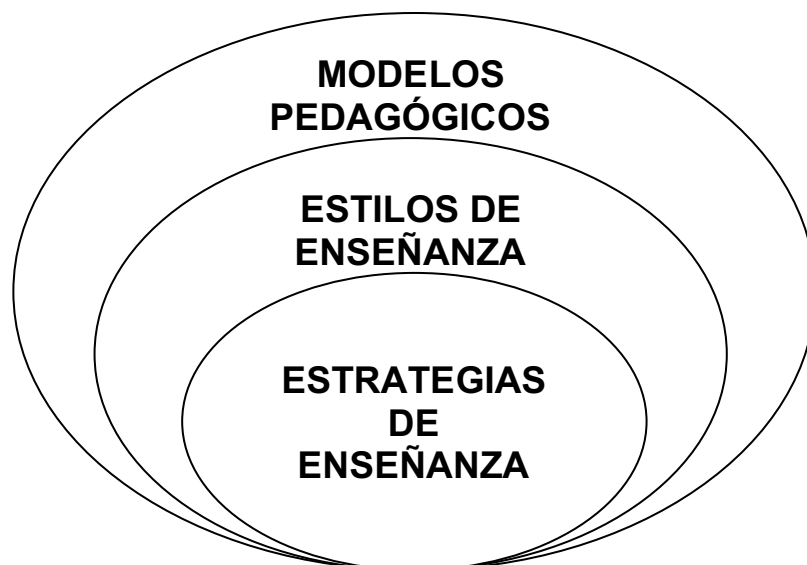
cuales incluyen un plan de enseñanza, una base teórica, resultados de aprendizaje concretos, actividades de aprendizaje secuenciadas, comportamientos de docentes y estudiantes esperados, estructuras de tareas, medidas para valorar los aprendizajes y mecanismos para valorar su correcta puesta en práctica” (p. 16).

Según Haerens et al., (2011) el concepto *instruccional* (instrucción), se centra en el docente; y el concepto *curricular* (curricular) se enfoca en el *contenido* (actividades); por tal razón se propuso el término *Pedagogical Model* (Modelo Pedagógico), para mostrar con base en las ideas de Jewett et al. (1995), Metzler (2005), y Rovegno (2006), la interdependencia y la irreductibilidad del aprendizaje, la enseñanza, el contenido y el contexto y *Models-based Practice* (Práctica basada en Modelos), un término que evite destacar al docente o al contenido y que se pueda utilizar en contextos más allá de la escuela, como en el deporte, la recreación o la salud.

Teniendo en cuenta estas posturas, Pérez et al. (2021), proponen que los modelos pedagógicos se centran en *cuatro elementos* del proceso de enseñanza-aprendizaje; *el docente, el estudiante, el contenido, y el contexto*. Estos se deben tener presentes por el docente, para que se reflexione y se presente un diseño metodológico que tenga en cuenta las necesidades de los estudiantes, y que estos sean apropiados según sus características específicas y el contexto donde se desarrolla. Según lo anterior se puede decir que los modelos pedagógicos, son *el nivel macro de la didáctica* de la EF, el ED, y la AF, puesto que incluye a los niveles anteriores (*micro - meso - tareas y sesiones*) extendiéndose en el tiempo hacia (unidades didácticas). (ver Fig.7)

Figura 7.

Niveles de la didáctica de la EF, el ED, y la AF



Nota. La figura representa los niveles micro, meso y macro de la didáctica de la EF. Adaptado de “Los modelos pedagógicos en educación física: qué, cómo, por qué y para qué.”, Pérez, 2021.
<https://buleria.unileon.es/handle/10612/13251>

Para concluir, según Pérez et al., (2021) los modelos pedagógicos “son planteamientos a largo plazo (unidades didácticas completas de duración extendida) que proporcionan un plan de enseñanza comprensivo y coherente para lograr objetivos de aprendizaje concretos a través de planes, decisiones y acciones acordes con un contexto y un contenido”(p. 17), estos modelos, a su vez, incorporan en sus estructuras los estilos y estrategias de enseñanza, permitiéndole al docente una mirada global de la unidad didáctica, llegando a influenciar en su identidad profesional y en la forma de entender y afrontar la asignatura.

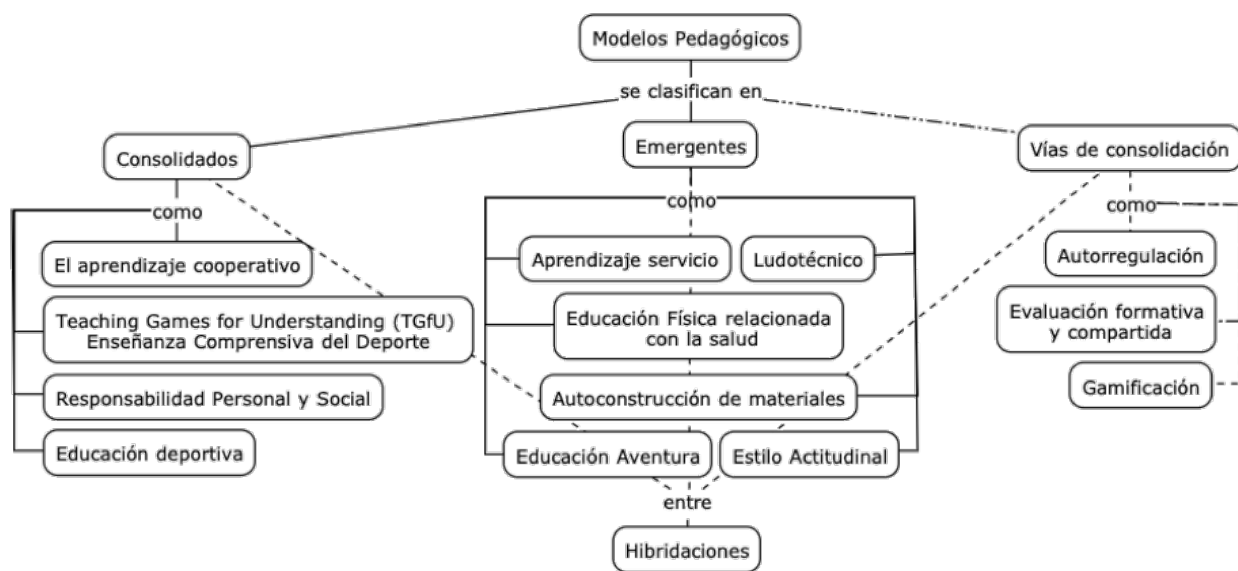
6.2.1. Clasificación de los modelos pedagógicos en la EF, ED y la AF

Los modelos pedagógicos para Pérez et al., (2021) suelen clasificarse en tres grandes campos, *los consolidados*, que para Casey y Kirk (2021) son cuatro; aprendizaje cooperativo (Cooperative Learning), educación deportiva (Sport Education), juegos tácticos (Tactical Games) y Enseñando responsabilidad personal y social (Teaching for Personal and Social Responsibility). (como se cita en Pérez et al., 2021); *los emergentes* que para Fernández et al.,

(2016) son seis; aprendizaje servicio, ludotécnico, educación física relacionada con la salud, la autoconstrucción de materiales, la educación aventura y el estilo actitudinal; y los que están en *vías de consolidación*, como la autorregulación, evaluación formativa y compartida, y la Gamificación. Finalmente el autor considera la hibridación de los modelos pedagógicos que une tanto a los consolidados, como a los emergentes, y a nuestra consideración los que están en *vías de consolidación*.

Figura 8.

Modelos pedagógicos de la EF, ED y AF



Nota. La figura representa los modelos pedagógicos en la educación física. Adaptado de “Los modelos pedagógicos en educación física: qué, cómo, por qué y para qué.”, Pérez, 2021. <https://buleria.unileon.es/handle/10612/13251>

6.3. Realidad virtual

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación según Monahan et al., (2008) han venido permeando diferentes contextos en la actualidad; como lo ha sido en el contexto educativo, a través de los cambios progresivos de paradigmas, estilos de enseñanza-aprendizaje, entre otros. (como se cita en Gómez, et al., 2019). Uno de los elementos

tecnológicos que más se ha consolidado en los últimos años ha sido la Realidad Virtual (RV), la cual puede ser utilizada por medio de los diversos dispositivos con los que se pueden contar (Cellan et al., 2016).

El concepto de RV es definido por Lelyveld & Entertainment, (2015), como el arte para simular una presencia física tanto en lugares reales como imaginarios para todo público. La diferencia que presenta esta tecnología, según Fox et al. (2009), Gómez et al. (2019) con relación a la existente (imagen, video, entre otros), es el nivel de interactividad que las personas pueden llegar a establecer con el ambiente virtual, es decir que las acciones que tomamos en este ambiente tendrá repercusiones en el mismo.

Para Martín et al. (2017), la RV se puede utilizar en diferentes espacios, ya sea desde casa o en el aula, ya que esta tecnología le permite al usuario transportarse a otros lugares a través de videos, imágenes y sonidos que se les muestra en un dispositivo. Estas vivencias, según Burdea & Coiffet, (2003) han sido muy relevantes en distintos ámbitos, como en el entretenimiento, el urbanismo entre otras; y es muy común empezar a ver estas tecnologías dentro de las aulas.

La realidad virtual (RV) en la educación, ha tenido diversas ventajas en relación con los enfoques tradicionales, pues como se ha mencionado anteriormente le permite al usuario interactuar con pocas limitaciones u obstáculos que suele presentar el ambiente real, ya que estos escenarios virtuales son ideales para estudiar fenómenos físicos, sociales (Fox, et al., 2009) entre otros.

La realidad virtual (VR) podría ser una alternativa eficiente para hacerle seguimiento y control al deportista, cuando el entrenador no se encuentra disponible o está haciendo retroalimentación a otro alumno, ya que permite, supervisar los movimientos realizados,

visualizar patrones de movimiento e identificar errores que puede realizar el practicante y en algunos casos podría dar retroalimentación que amplíe las posibilidades del entrenamiento en el mundo real (Hülsmann, 2019).

6.3.1. Metodología para el desarrollo de Sistemas de Realidad Virtual

El campo de la inteligencia artificial (IA) en la educación ha tomado diferentes paradigmas de desarrollo, en los años 60 surgen los primeros sistemas de enseñanza asistida por computadora (Computer-Assisted Instruction, CAI), los cuales dieron origen a diversos grupos de tecnologías que se mantienen en la actualidad (Brusilovsky & Peylo, 2003): los *Sistemas Inteligentes de Enseñanza asistida por ordenador* (Intelligent Computer-Aided Instruction, ICAI o AI-ICAI) y los *Sistemas Tutores Inteligentes* (Intelligent Tutoring Systems).

Estos sistemas se centraron en representar en el sistema, el conocimiento del estudiante, pero se diferenciaron en las técnicas que usan para apoyarlo, en este punto es cuando se concibe el término *modelo de estudiante* (Self et al., 1999). Los ICAI se enfocaron en la *planificación instruccional* (Brown et al., 1973; Wescourt et al., 1977), donde se estructuraban las unidades de aprendizaje y las tareas que se le proponen al alumno ; y en el *análisis inteligente*¹² *de soluciones* (Self, 1974) donde se evalúa al estudiante cuando termina una actividad.

Estos tipos de CAI-ICAI se pensaron como sustitutos de la enseñanza clásica en el aula, pero a finales de los años 70 (Rodero, 2009), y entre los 80 y 90 (Ortuzar, 2013) este paradigma dio paso a los *Sistemas Tutores Inteligentes*, los cuales contaban con una arquitectura más flexible que los CAI-ICAI, permitiendo una instrucción personalizada, donde el estudiante

¹² La palabra inteligente, hace referencia a cómo el software es capaz de determinar qué parte de la actividad ha quedado incompleta o es incorrecta y las falencias de conocimiento que llevan al error. (Rodero, 2009)

“aprende haciendo” en contextos de la vida real. Estos sistemas se basan en cuatro módulos (Figura 6): *módulo pedagógico*, *módulo de dominio*, *módulo del estudiante*, *módulo de diálogo*, los cuales dependen del tipo de inteligencia que se quiera aplicar.

Figura 9.

Módulos que estructuran un STI



Nota. La figura representa los módulos que hacen parte de un sistema tutor inteligente. Adaptado de “Sistemas Interactivos Inteligentes de Ayuda al Aprendizaje de Destrezas Físicas”, Ortuzar, (2013) <http://ebiltegia.mondragon.edu/xmlui/handle/20.500.11984/5350>

Con base en los STI, se establecieron tres enfoques; *tutores de seguimiento de modelos o model-tracing*, también conocidos como *tutores cognitivos*; los cuales consisten en seguir la actividad del estudiante comparándola paso a paso con lo planificado por el tutor, este sistema se basa en la teorías cognitivas ACT- R (The Adaptive Control of Thought - Rational) (Anderson et. al., 1998), los primeros tutores cognitivos se enfocaron en la enseñanza de la programación y las matemáticas (Mendoza et al., 2017).

Los *tutores basados en restricciones o constraint-based modelling (CBM)*(Mitrovic et al., 2009) se basan en restringir el accionar de los estudiantes cuando resuelven problemas,

permitiendo modelar las posibles soluciones, identificando a su vez los posibles errores que se pueden presentar. Y finalmente los *tutores basados en ejemplos o example-tracing* (Alevan, 2005) los cuales son muy parecidos a los tutores cognitivos, ya que analizan la actividad del estudiante con base a un modelo cognitivo, y seguidamente relacionan sus comportamientos con *ejemplos* específicos sobre la manera de solucionar la actividad.

Estos dos últimos, se desarrollaron para reducir el costo de construcción de los STI, sin embargo estos requieren de conocimientos en IA y programación. Una solución para este inconveniente fueron los sistemas de autoría XAIDA (Wenzel et al., 1999), RIDES (Munro et al., 1997), VIVIDS (Munro y Pizzini, 1998) y SIMQUEST (Joolingen y Jong, 1996), entre otros, los cuales permiten la construcción de tutores que se integran con los simuladores, pero su sistema de simulación es limitada.

7. Metodología de la investigación

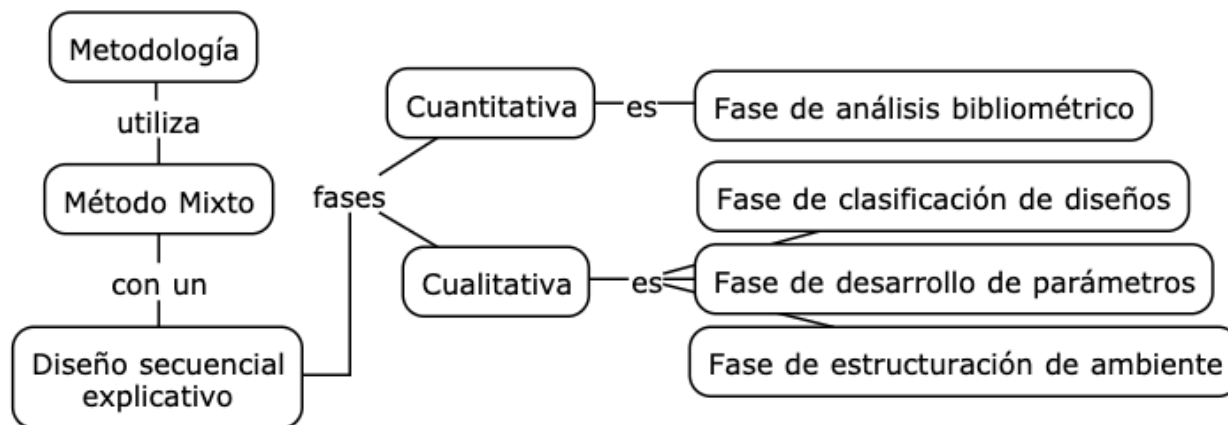
7.1. Procedimiento metodológico

El presente estudio se diseñó bajo el planteamiento metodológico del enfoque mixto, ya que este se acopla a las necesidades y las características de la investigación (**ver Figura 10**). “El enfoque mixto es un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación que implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos... integración y

discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada... y lograr un mayor entendimiento del fenómeno” (Sampieri & Hernandez, 2010, p. 546).

Figura 10.

Metodología de la investigación



Nota. La figura presenta la metodología que se utilizará durante la investigación. Elaboración propia.

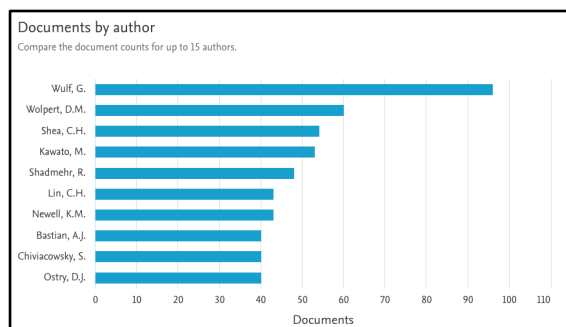
El diseño utilizado dentro del método mixto es el secuencial explicativo, donde en un primer momento se realizará una investigación cuantitativa y con base en los análisis de resultados de lo cuantitativo, se podrá explicar con detalle la parte cualitativa. Es explicativo porque los resultados iniciales se explican a mayor profundidad con los datos cualitativos; y es secuencial porque la fase cuantitativa es seguida por la fase cualitativa. Para nuestro estudio en la fase cuantitativa se realizará un analisis bibliometrico, utilizando el software VosViewer, posteriormente con los resultados obtenidos, se inicia la fase cualitativa con la recolección de información para la clasificación de los diseños de retroalimentación, con ellos a su vez se proponen los parámetros para un óptimo diseño de sistemas para la retroalimentación. Finalmente con estos parámetros, se estructura un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje para el entrenamiento de un arte marcial, específicamente en la practica de espadas mariposa.

7.2. Fase de Análisis Bibliométrico

En el capítulo 1, se observó un mapa de co-ocurrencia en el cual confluyen 2000 artículos sobre el aprendizaje motor, en él se pudo observar la fuerte relación que existe entre aprendizaje motor y retroalimentación. Utilizando como base de datos Scopus, se buscó en primera instancia la palabra motor learning (aprendizaje motor) arrojando 58.570 documentos, posteriormente para reducir el número de artículos se añadió la palabra feedback (retroalimentación) obteniendo 11,187 documentos (**ver Fig. 11**). Como se puede observar en la figura, la producción literaria en este campo ha tenido un alto porcentaje en el año 2020 con un total de 842 documentos solo en esta base de datos.

Figura 11.

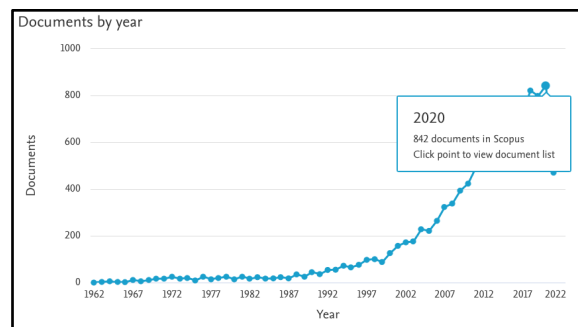
Documentación sobre motor learning y feedback



Nota. La figura representa la producción de documentos alrededor de las temáticas aprendizaje motor y retroalimentación desde 1962 hasta la fecha actual.

Figura 12.

Autores representativos sobre motor learning y feedback



Nota. La figura representa a los investigadores más relevantes alrededor de las temáticas aprendizaje motor y retroalimentación desde 1962 hasta la fecha actual.

Por otro lado como se identifica en la (**ver Fig. 12**) estos han sido los autores más relevantes en este campo, para nuestro estudio los autores más analizados son Wulf, G. Shea, C.H., Lin, C.H., sin embargo se encuentran y analizan otros autores que han desarrollado varias investigaciones alrededor del aprendizaje motor y la retroalimentación, solo que su producción literaria está por debajo de los 40 documentos, razón por la cual no aparecen en el gráfico.

Nota. La figura representa un mapa de calor donde se puede observar la fuerte relación entre aprendizaje motor y retroalimentación.

Luego de analizar los documentos y autores más importantes dentro del campo del aprendizaje motor y la retroalimentación, se puede identificar que tipo de diseños de retroalimentación se han utilizado dentro de sus investigaciones y cuales son los aportes que surgieron de los análisis desarrollados. Entre los hallazgos se encuentra que la retroalimentación visual, auditiva y háptica, son las modalidades que más se han utilizado en la construcción de los diseños de sistemas de retroalimentación, a continuación profundizaremos en cada uno de ellos.

7.2.1. *Retroalimentación visual*

Como se ha mencionado anteriormente la retroalimentación visual ha sido la más estudiada por diferentes investigadores (**ver Fig. 14**), ya que la visión al ser un sentido a distancia (un telerreceptor) que evolucionó para tener un conocimiento de los objetos (sus particularidades y su localización) sin tener contacto directo con ellos; obtiene información de manera que puede darle un sentido y puede interactuar con el medio ambiente (Smith & Kosslyn, 2008) de una manera más rápida y eficiente que otras modalidades sensoriales; razón por la cual se deben establecer parámetros de diseño claros que permitan utilizar esta modalidad con base en el paradigma del “*doble efecto*”.

Figura 14.

Mapa de calor sobre la retroalimentación visual

ilustraciones de Stickman¹⁴. Por otra lado, las animaciones pueden tener una ventaja sobre los videos reales, ya que se pueden reducir a la información más relevante. Igualmente, debido a que los seres humanos pueden reconocer movimientos biológicos complejos al observar solo unas pocas luces puntuales ubicadas en un cuerpo en movimiento, estas luces también pueden servir para retroalimentar de forma eficaz (Sigríst et al., 2013).

Para Sigríst et al., (2013) los diseños de retroalimentación visual simultánea, se necesitan para guiar al alumno hacia el movimiento óptimo evitando la dependencia de la retroalimentación, es decir teniendo en cuenta el “*doble efecto*” que suele presentarse cuando se brinda retroalimentación. Igualmente la retroalimentación visual simultánea debe enfatizar en los puntos de referencia o en las características clave de la tarea motora con la información cinestésica, lo que puede facilitar un recuerdo (*retención*) en condiciones sin retroalimentación.

Si el diseño, es decir, la visualización de la retroalimentación simultánea, no es el indicado, los efectos positivos se inhiben aunque la retroalimentación visual simultánea podría ser eficaz para aprender la tarea. El siguiente paso sería investigar en paralelo la efectividad de las visualizaciones abstractas y las visualizaciones naturales como tutores virtuales, y aquellas que permitan el procesamiento de información cinestésica, enfoques estéticos y motivadores para mejorar el aprendizaje motor. Las variables cinemáticas y cinéticas en diferentes tareas deben evaluarse sistemáticamente antes de compararlas con otras estrategias de retroalimentación. (Sigríst et al., 2013).

¹⁴ Vectores de stock, dibujos, imágenes vectoriales libres de derechos. ... Un conjunto de figuras de palo que muestran a un hombre apuntando en diferentes direcciones en diferentes posturas y posiciones

7.2.2. *Retroalimentación auditiva*

Otra de las modalidades sensoriales, que va de la mano con la retroalimentación visual es la auditiva, los atletas hábiles describen la importancia de la información auditiva para influir en su comportamiento, como por ejemplo determinar las características de vuelo de una pelota bateada en béisbol y un servicio o golpe de tierra en el tenis (OCDE, 2009), o la habilidad para la cual el objetivo es moverse en un cierto criterio de tiempo o ritmo de movimiento (Magill & Anderson, 2013).

Si bien la información auditiva tiene un impacto en el rendimiento, la mayoría de los deportes son dominados cognitivamente de acuerdo a la información percibida visualmente. En consecuencia de esto, el proporcionar retroalimentación aumentada simultánea visual de manera adicional puede en algunos casos sobrecargar la capacidad de percepción visual y el procesamiento cognitivo. Una forma de minimizar esta sobrecarga, podría ser la implementación de la retroalimentación auditiva (o la háptica) (Sigrist et al., 2013).

Figura 15.

Mapa de calor sobre retroalimentación auditiva

Según Sigrist (2013) la literatura actual carece por un lado de una identificación completa de las variables de movimiento las cuales se pueden sonificar para facilitar el aprendizaje motor, por otro lado falta una evaluación sistemática del diseño de la sonificación de datos de movimiento. La sonificación del movimiento facilita el aprendizaje motor, solo si se vincula a una representación del movimiento de forma precisa.

En general, se hace evidente que la pantalla auditiva debe diseñarse adecuadamente para reducir el tiempo necesario para la familiarización: las pantallas poco familiares requieren un cierto período de tiempo antes de que los atletas puedan beneficiarse de ella, como se ha visto en otros estudios.

7.2.3. *Retroalimentación háptica*

La variedad de formas en las que involucramos nuestro sentido del tacto cuando se realiza alguna habilidad motora, es bastante amplia. Habilidades para manipular un objeto, como por ejemplo el sostener un tenedor, escribir un mensaje, lanzar una pelota; o para manipular una persona, como en el caso de la lucha, el boxeo o las artes marciales, y todas aquellas características naturales de nuestro cuerpo, incluye la detección de características específicas del objeto, la persona o el entorno a través de receptores sensoriales táctiles en nuestra piel que forman parte de nuestro sistema sensorial somático (Magill & Anderson, 2013).

Figura 16.

Mapa de calor sobre la retroalimentación háptica

cuando agarramos una taza o vaso y se levanta de la mesa para beber de ella, en este caso se necesita regular la cantidad de fuerza agarre a medida que se mueve la taza hacia la boca para beber.

Sigrist (2013) analiza diversos autores, donde infiere que el sentido háptico (o táctil) es el único que nos permite interactuar con el medio ambiente, y al mismo tiempo, permite percibir estas interacciones. Esta característica única es denominada *propiedad bidireccional* del sentido háptico, la cual proporciona la base para mejorar aún más el aprendizaje motor. En **(Tabla 6 anexo)**, se recogen algunas investigaciones relacionadas con la retroalimentación háptica, donde se pone de manifiesto la eficacia de esta retroalimentación en el proceso de aprendizaje motor.

Para Sigrist (2013) la forma más simple de retroalimentación háptica, son las estrategias de control de posición. La mayoría de casos estudiados han sido aplicados en pacientes, y se evidencia ser útiles en el re-aprendizaje motor, debido a los aspectos motivacionales presentados cuando finaliza una tarea de forma exitosa, y cuando existe una mayor duración e intensidad del entrenamiento. Sin embargo, uno de los aspectos que poco ha sido investigado y que puede haber sido subestimado, es la característica más fuerte de control de posición, el *carácter de instrucción*.

Varias estrategias de control de orientación táctil (Guía háptica) han mostrado resultados prometedores, sobre todo cuando se considera la adaptación al nivel de la habilidad del alumno. El aumento de errores, demostró que supera a otras estrategias de control táctiles, ya que intensifica el aprendizaje basado en el error. También se vuelve importante y prometedor revisar los conceptos de control que modifican el medio ambiente, puesto que la dinámica inherente a las tareas se vuelven más obvias para el alumno (Sigrist et al., 2013).

Se puede concluir en esta fase, que si las modalidades de retroalimentación (la visual, la auditiva y la háptica,) utilizadas por los diversos autores, e identificadas en los diseños de retroalimentación estan muy bien diseñadas, serán de gran utilidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro del campo del aprendizaje motor. Además se debe apuntar en vincular las modalidades de retroalimentación entre si para potencializar sus capacidades, como lo han trabajado solo pocos autores.

7.3. Fase de Clasificación de Diseños de Retroalimentación

En la fase de clasificación de los diseños de retroalimentación, se profundiza en los tipos de retroalimentación que se encuentran en las distintas modalidades. En la fase anterior se pudo evidenciar las distintas modalidades que se utilizan para dar información sobre la ejecución o los resultados del movimiento. A continuación se presentan las clasificaciones de los autores más representativos dentro del campo del aprendizaje motor.

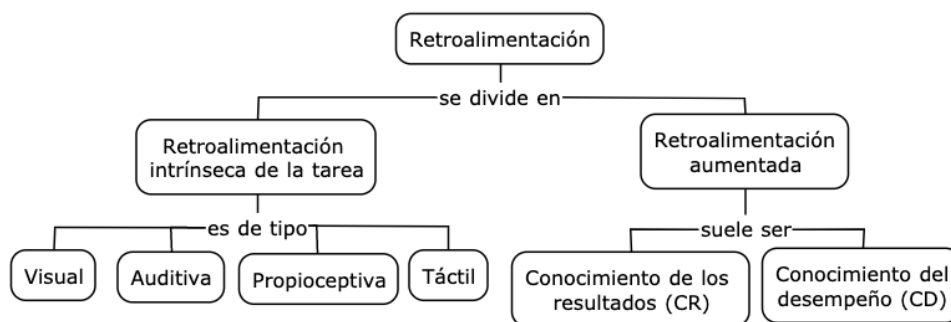
La retroalimentación aumentada (Feedback aumentado - FBA-) suele ser conocida como retroalimentación aumentada terminal y simultánea, sin embargo existe una clasificación mucho más específica dentro del campo del aprendizaje motor. Según Batalla (2005), existen diferentes tipos de retroalimentación aumentada, las cuales se resumen en la **(Tabla 7 anexo)**.

Igualmente, Magill & Anderson (2013) definen la retroalimentación aumentada, como aquella que proporciona información sobre el desempeño, que de otro modo no estaría disponible para la persona. Para poder brindar esta información, durante o después de la tarea, la retroalimentación es analizada desde dos perspectivas. En la **(ver Fig. 17)** se describen estos tipos de perspectivas, la primera, la retroalimentación intrínseca de la tarea, es la información sensorial y perceptiva, captada por los sentidos, la visión, la audición, la propiocepción y la parte háptica o táctil.

La segunda perspectiva, es aquella información relacionada con el desempeño y/o su resultado, la cual aporta a la retroalimentación intrínseca de la tarea, la retroalimentación aumentada. Esta retroalimentación, proporciona información que el sistema sensorial de la persona podría detectar fácilmente, pero no necesariamente de forma confiable. Por ejemplo, un entrenador podría decirle a un golfista dónde están ubicadas sus manos, en la parte superior del swing, aunque la retroalimentación propioceptiva le permitiría a la persona sentir por sí misma dónde estaban.

Figura 17.

Ilustración de los diferentes tipos de retroalimentación

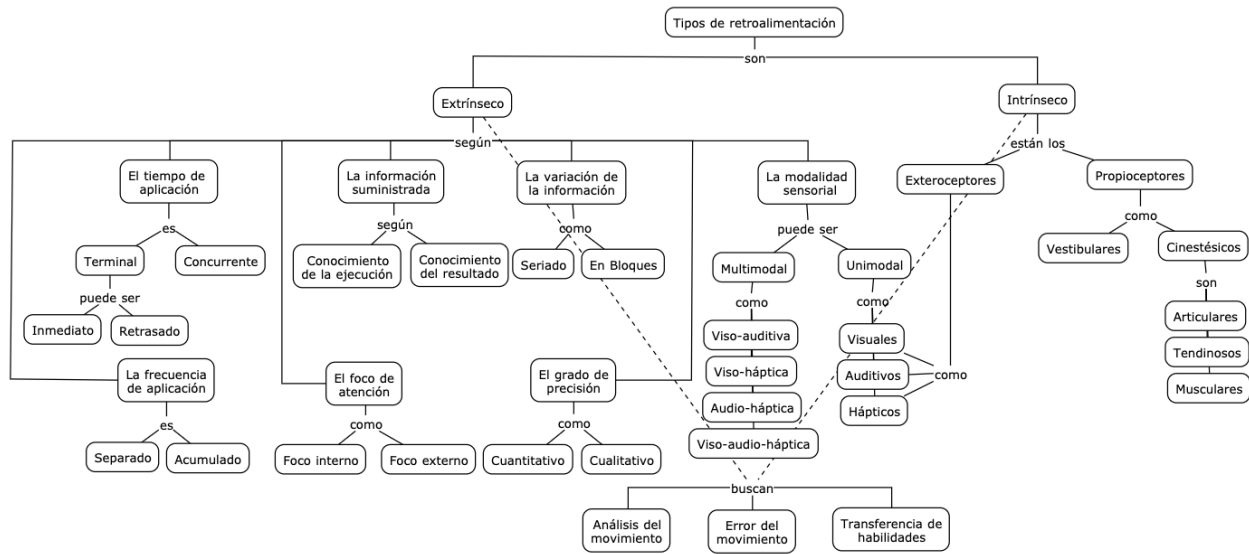


Nota. Ilustración de los diferentes tipos de retroalimentación en la familia de retroalimentación que están relacionados con el aprendizaje y el desempeño de las habilidades motoras.

Finalmente, luego de realizar una revisión de diversos artículos sobre retroalimentación, podemos concluir que los tipos de retroalimentación utilizados en las diferentes investigaciones se pueden resumir en la (ver Fig. 18). Esta figura además de identificar la estructura que tiene la retroalimentación y cómo usarla según el nivel de complejidad de la tarea funcional, permite clasificar los diseños de retroalimentación más representativos en el campo del aprendizaje motor.

Figura 18.

Tipos de retroalimentación



Nota. El mapa conceptual muestra los tipos de retroalimentación usados en el aprendizaje motor. (Adaptado de Batalla (2005); Magill & Anderson (2013); Schmidt et al., (2018).

7.4. Fase de Desarrollo de Parámetros de Diseño

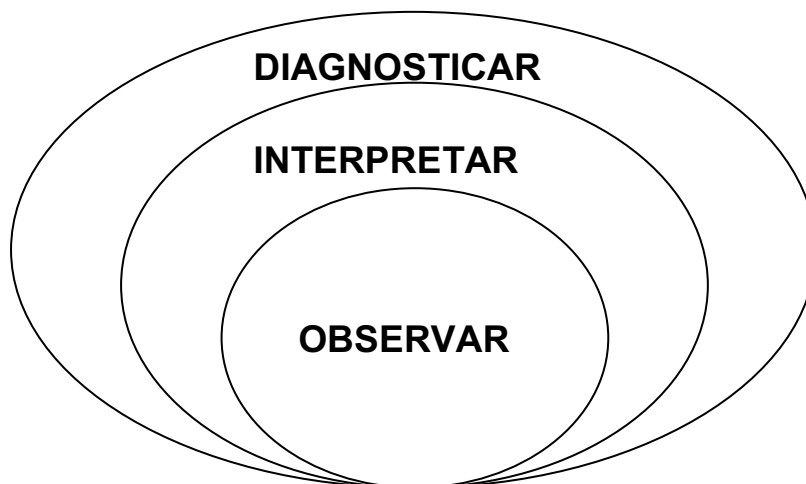
Para establecer los parámetros de diseño necesarios para dar retroalimentación en el aprendizaje motor específicamente en la educación física (EF), el entrenamiento deportivo (ED) o la actividad física (AF), se propone primero revisar el modelo pedagógico en el que se sustentará dicho diseño, si bien las diversas investigaciones se han basado en las teorías del aprendizaje motor (Teoría del circuito cerrado, Teoría del esquema, Teoría de la autoorganización, Teoría OPTIMAL), estas también deben tener en cuenta los modelos pedagógicos existentes dentro del campo de la EF, el ED y la AF.

Con base en estos modelos pedagógicos y según el objetivo que se pretenda dentro de la formación, se debe revisar el modelo que mejor se ajuste al proceso a desarrollar. Luego de ubicar el modelo pedagógico en el cual se sustentará el diseño de retroalimentación, se continúa con la estructuración del sistema interactivo (**Fig. 19**). Esta propuesta se basa en la forma como el entrenador desarrolla las diferentes actividades motrices durante las sesiones de entrenamiento. En un primer momento el entrenador *observa* lo que los aprendices están

realizando (sus gestos técnicos), posteriormente *interpreta* sus acciones según su experticia y conocimiento del campo, y finalmente *diagnóstica* cuales fueron los resultados de las técnicas o movimientos ejecutados por los aprendices.

Figura 19.

Niveles que componen el ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje



Nota. La gráfica representa los niveles en los que se estructura el sistema interactivo, se basa en el proceso entrenador-técnica-deportista.

A continuación, se presentan los tres parámetros necesarios para la construcción de ambientes virtuales de enseñanza-aprendizaje, estos ambientes buscan brindar retroalimentación de tipo multimodal, (viso-auditiva, viso-háptica, audio, háptica). Estos parámetros recolectan información valiosa e importante de diversos estudios, que le permitirán al estudioso del aprendizaje motor un abanico de posibilidades para futuras investigaciones. Encontramos un primer parámetro que es el de observación, seguido del parámetro de interpretación y termina con el parámetro de diagnóstico.

7.4.1. Parámetro de Observación

Este primer parámetro permite realizar la captura del movimiento que se está realizando cuando se intenta resolver una tarea motriz, consta de tres niveles (*óptico*, *sonificación*, y *háptica*) el *óptico* (Tabla 8, Anexo 1) permite capturar información del sujeto, entre ellos encontramos las cámaras infrarrojas, el uso de kinect, entre otros. Igualmente este tipos de visualización se pueden clasificar en visualizaciones abstractas y visualizaciones naturales, las primeras utilizan un sistema sencillo de captura de movimiento, y el segundo utiliza las cámaras mencionadas. Por su parte la *sonificación* utiliza alarmas auditivas, para identificar las variables de movimiento y su posible error de movimiento. Finalmente en la *háptica* se utilizan objetos para analizar el movimiento, y también para reducir los errores que se presentan, en los cuales se pueden extraer datos de posición . Estos datos cuantitativos son almacenados en bases de datos para su posterior análisis en el parámetro de interpretación.

7.4.2. Parámetro de Interpretación

Este apartado solo se presentará de forma somera debido a la complejidad del mismo, se sugiere revisar las citas que se presentan y profundizar en su arquitectura. Luego que los datos de la ejecución del movimiento son almacenados en la base de datos del sistema, el siguiente paso consiste en analizar la respuesta dada por el estudiante cuando soluciona la tarea motriz. Existen muy pocos SIIAA desarrollados que pueden acompañar este proceso, en la (**ver Tabla 11 Anexo 1**) se presentan algunos de los utilizados para responder a este desafío.

7.4.3. Parámetro de Diagnóstico

Finalmente, luego de interpretar los gestos técnicos o movimientos del aprendiz, el siguiente paso es generar un diagnóstico que permita brindar información sobre los movimientos ejecutados al resolver la tarea. Este parámetro se fundamenta en los modelos pedagógicos antes descritos, a partir de estos se establecen las características esenciales y los elementos necesarios para estructurar los tipos de mensajes que se le brindará al aprendiz, teniendo en cuenta a su vez las modalidades de retroalimentación que se utilice.

Sigrist et al., (2015), propone un sistema de retroalimentación multimodal (viso-auditivo y viso-háptico), comparándolo con el tipo de retroalimentación tradicional (visual), con el fin de evaluar su efecto en el entrenamiento de una habilidad motriz de remo, teniendo como hallazgos que todos los grupos disminuyeron significativamente el error espacial (tendencia del grupo de retroalimentación visual) y el error de velocidad de la línea de base en las pruebas de retención.

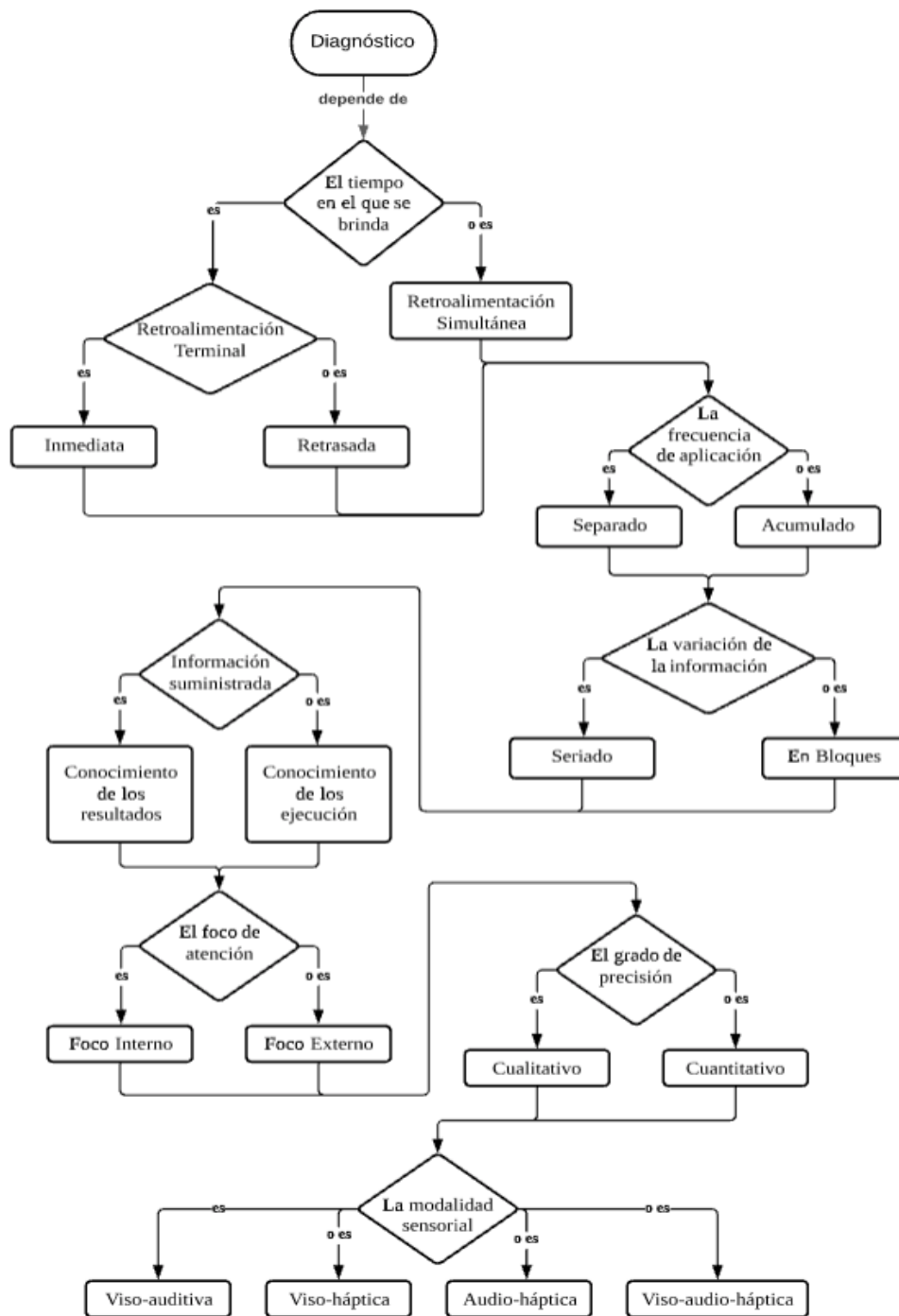
Otras investigaciones como se ha mencionado a lo largo del escrito, han utilizado diversos tipos de retroalimentación, los unimodales (visual, auditivo, háptico) y los multimodales (viso-auditivo, viso-háptico, audio-háptico), para evaluar sus efectos en los procesos de enseñanza-aprendizaje alrededor del aprendizaje motor, obteniendo muy buenos resultados en sus análisis. Sin embargo, dentro de la revisión de los artículos no se encontró ninguno que comparara los tres sistemas de retroalimentación multimodal, y solo se alcanzan a revisar de dos tipos.

Nuestra propuesta apunta a utilizar los tres sistemas de retroalimentación multimodal (**ver Fig. 20**), y así tener una mirada más amplia de las modalidades sensoriales utilizadas por el aprendiz para mejorar sus procesos de adquisición y retención de las habilidades motrices que desea aprender. Igualmente estos sistemas de retroalimentación cuentan con un tipo de mensajes específicos, es decir, se debe analizar muy bien la modalidad de retroalimentación para así

brindarle información óptima al aprendiz. Es aquí donde se identifica si los parámetros de diseño para la retroalimentación, han sido cuidadosamente estructurados, o si por el contrario caen en suposiciones de que un sistema es mejor que otro.

Figura 20.

Proceso para brindar diagnóstico al estudiante



Nota. La gráfica representa la ruta de los distintos tipos de retroalimentación que se deben utilizar al momento de diseñar el parámetro de diagnóstico. Elaboración propia.

Otro aspecto importante en la arquitectura de este parámetro, es el de tener en cuenta “*el doble efecto*” que se presenta cuando se brinda retroalimentación, este doble efecto se presentó en el marco teórico, en el apartado de aprendizaje motor. Este doble efecto se estudió bajo la

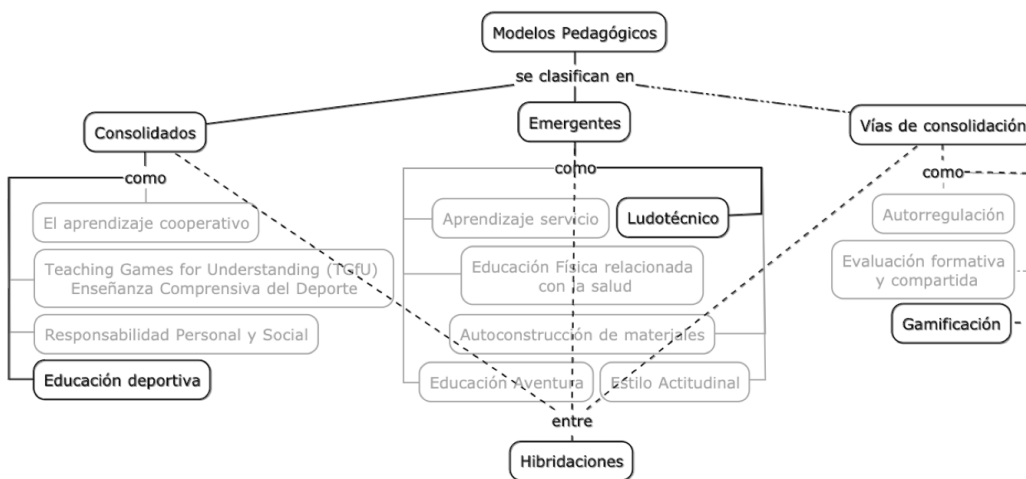
mirada de las cuatro hipótesis; *la hipótesis del guiado, la hipótesis de la especificidad, la hipótesis de las correcciones innecesarias y la hipótesis de las recuperaciones espaciadas* (Batalla, 2005).

7.5. Fase de Estructuración de Ambiente Virtual de Enseñanza-Aprendizaje

En esta última fase de la investigación, se propone un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje de ocho movimientos básicos de la forma espadas mariposa, del arte marcial chino Wing Chun. Para llevar a cabo la construcción del ambiente, como se mencionaba en el capítulo anterior, se hace necesario revisar en primera instancia los modelos pedagógicos que sustentaran el diseño. Para nuestra propuesta, se pretende utilizar un *modelo híbrido*, compuesto por un *modelo consolidado*; el *modelo de educación deportiva*, el cual se configura en la enseñanza por competencias y el trabajo por roles, a través de una modalidad deportiva; por un *modelo emergente*; el *modelo ludotécnico*, el cual busca descomponer los gestos deportivos en fases y elementos técnicos (ver Fig. 21).

Figura 21.

Modelos pedagógicos utilizados en la propuesta



Nota. El mapa conceptual muestra los modelos pedagógicos que se utilizarán para presentar la propuesta del ambiente virtual de enseñanza - aprendizaje.

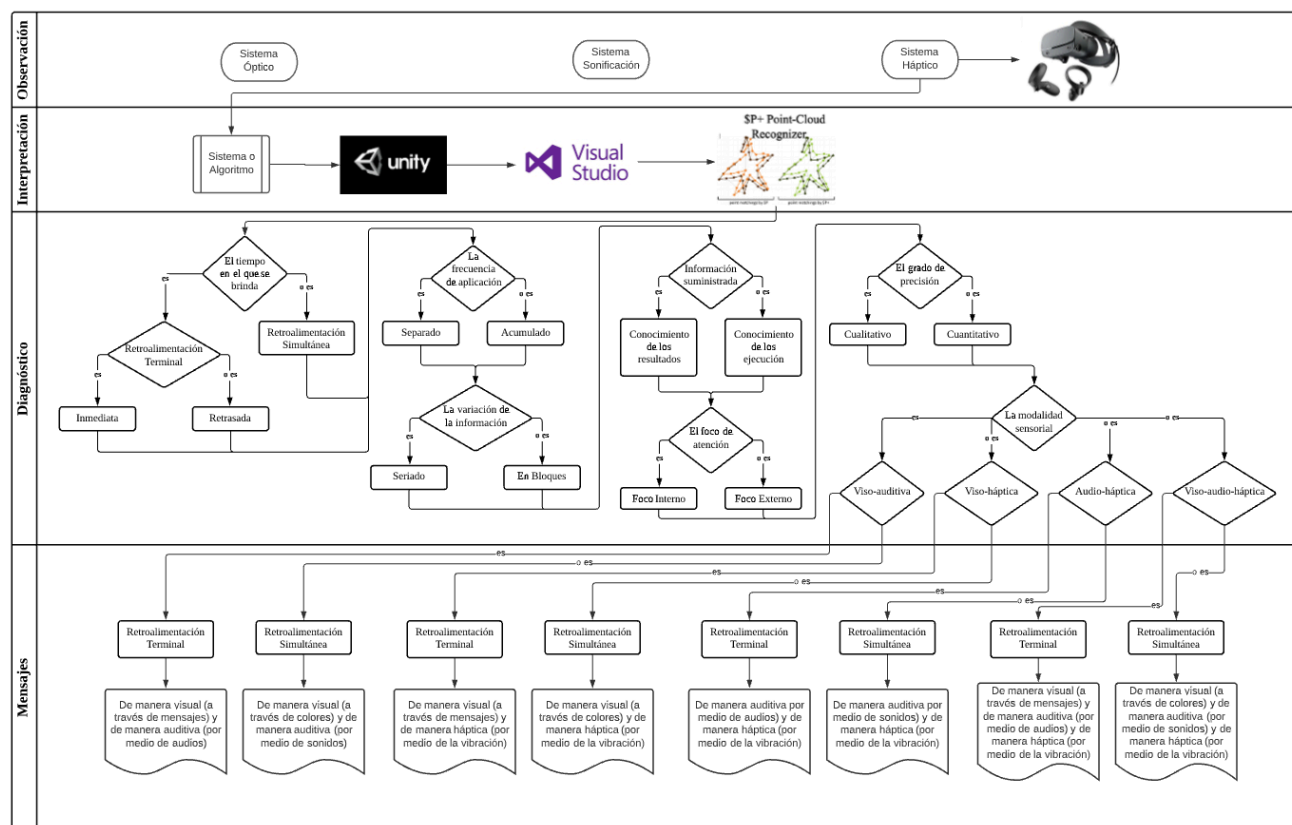
Y finalmente dentro de la lista de planteamientos¹⁵ que están dando los pasos adecuados para poder ser considerados modelos pedagógicos encontramos la *Gamificación*. Se utilizará este planteamiento en primera instancia porque el ambiente a desarrollar está basado en los elementos básicos de los videojuegos, siendo más llamativo para el estudiante, en segunda instancia por el clima de aula positivo y de diversión que se genera al practicarlo, y finalmente por el aspecto motivacional del estudiante (Perez et al., 2021).

Luego de identificar los modelos pedagógicos que sustentaran el diseño del ambiente virtual, se hace necesario establecer una metodología para la construcción de este ambiente. Para ello, se debe tener en cuenta el Modelo de Prototipo, el cual hace parte a su vez de los Modelos de Procesos necesarios para el desarrollo de software, en donde se encuentra (*Figura 22*).

¹⁵ Es necesario aclarar que el autor nos lleva a la reflexión, *que cualquier planteamiento que se desarrolle no puede ser llamado “modelo pedagógico”, ya que es necesario que cumpla con una larga lista de requisitos para que se puedan incluir en la lista de nuevos planteamientos en la práctica* (Perez et al., 2021). Es decir La Gamificación aún no es un modelo pedagógico, pero se está consolidando para que en un futuro cercano sea considerado un modelo pedagógico.

Figura 22.

Proceso lógico para el diseño de un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje



Nota. La figura muestra el proceso lógico para la construcción de ambientes virtuales de enseñanza aprendizaje. Elaboración propia.

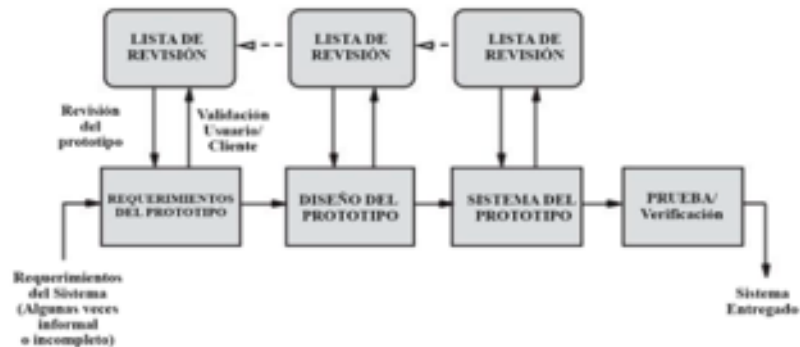
El primer paso es identificar el tipo de software que se utilizan en el ambiente, para nuestro ejemplo se utilizó el motor de videojuegos Unity 3d, el cual posibilita un trabajo eficiente y eficaz, en el cual es posible incorporar herramientas propias y de terceros. Unity utiliza programas que gestionan librerías y códigos de programación.

A este tipo de programas se les conoce como IDE (Integrated Development Environment), estos utilizan un editor de código, un intérprete y un depurador que sirven para verificar los códigos generados y permiten luego llevarlos a su funcionamiento. El IDE utilizado es Visual Studio, un software gratuito que permite diversos lenguajes de programación como Visual Basic, C ++, Python, entre otros.

Posteriormente, se utilizó el Modelo de Prototipo, el cual cuenta con un sistema de requerimientos al inicio, seguidamente cuenta con ciclos de repetición que permiten replantear o verificar los requerimientos presentados.

Figura 9.

Modelo de Prototipo

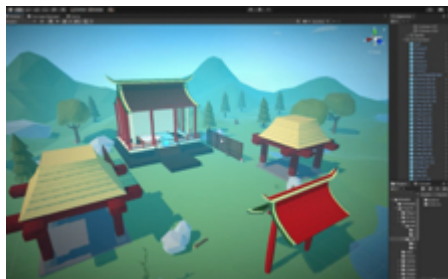


Nota. El mapa conceptual muestra el modelo de prototipo modificado de (Pfleeger & Atlee, 1998)

Seguidamente se empieza la construcción del ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje, utilizando el paso a paso presentado el modelo de prototipo. El ejemplo, está basado en la enseñanza de unos gestos técnicos de artes marciales, específicamente en la forma de espadas mariposas. En este caso se enseña el manejo de armas, y se pretende en una posterior investigación evaluar los efectos de los tipos de retroalimentación que aquí se presentan.

Figura 10.

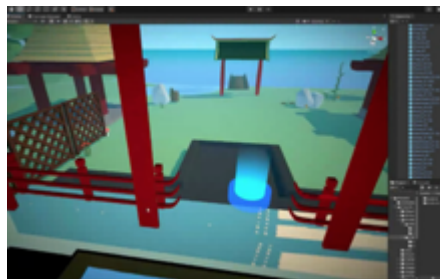
Ambiente virtual



Nota. La imagen presenta el ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje.

Figura 11.

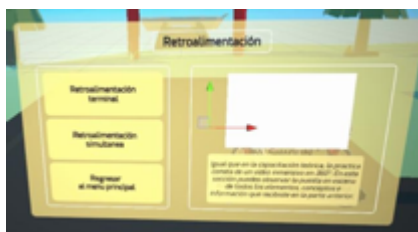
Ambiente virtual Dojo central



Nota. La imagen muestra el uso del teleport para desplazarse en el ambiente

Figura 12

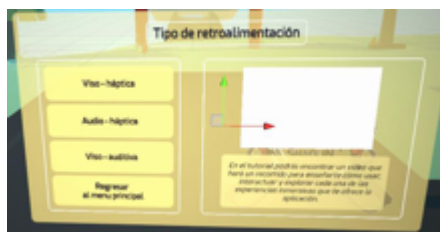
Tipos de retroalimentación



Nota. La imagen presenta los tipos de retroalimentación que se utilizarán en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Figura 13

Tipos de modalidad



Nota. La imagen presenta el tipo de modalidad que se utilizará para dar retroalimentación, ya sea terminal o simultánea.

Finalmente se realizan pruebas para validar la viabilidad del programa desarrollado, para nuestro caso se realizó una prueba piloto, donde se arrojaron varios datos que permiten identificar el nivel de destreza que ha adquirido el sujeto luego de una sencilla explicación a través de videos sobre la ejecución del movimiento.

8. Resultados

La primera fase del proyecto permitió a través del software VOSviewer, construir y visualizar una red bibliométrica alrededor de la temática aprendizaje motor y retroalimentación, encontrando que existe una fuerte relación entre estas temáticas y las investigaciones que utilizan retroalimentación visual, seguida por una mediana relación la auditiva y háptica. Las relaciones de estas modalidades, viso-auditiva y visoháptica han sido poco estudiadas, sin embargo las existentes han permitido establecer parámetros importantes, que deben seguir evolucionando hacia la integralidad de todas las relaciones entre las modalidades. Por su parte la modalidad audio-háptica ha sido solo estudiada en campos como la fisioterapia, siendo un interesante campo por descubrir en el entrenamiento deportivo y nos atrevemos a pensar que en muchos campos más.

En la segunda fase se clasificaron los diseños de retroalimentación, encontrados dentro de las investigaciones con más fuerte relación entre si, se propone una ruta para la construcción, desde aquí, de los futuros ambientes de realidad virtual en el campo del entrenamiento deportivo. La propuesta se basa primero, en la manera como se percibe la retroalimentación en el momento que se ejecuta cualquier movimiento, es decir, que tipo de retroalimentación se dara, *retroalimentación terminal o retroalimentación simultanea (el tiempo de aplicación)*; de aquí en adelante se empieza a escoger cual tipo de retroalimentación se le brindara al deportista o alumno *separada o acumulada (la frecuencia de aplicación)*, si es *seriada o en bloques (la variación de la información)*; si lo información, es acerca del *conocimiento de los resultados o sobre el conocimiento de la ejecución (información suministrada)*; si el *foco de atención es interno o externo*; si la información sera de tipo *cualitativa o cuantitativa, o mixta (el grado de*

precisión), y finalmente cual tipo de *modalidad sensorial* se utilizara para llegarle al usuario final (el deportista o el alumno), *viso-auditiva*, *viso-háptica*, *audio-háptica*, *viso-audio-háptica* .

La tercera fase se estructuró con base en los modelos pedagógicos descritos en el marco teorico, para nuestro caso como se menciono en el apartado de “*Fase de estructuración de ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje*”, se utilizará un modelo hibrido, el cual se compone de un modelo pedagógico consolidado, (*Modelo de educación deportiva*), un modelo pedagógico emergente (*Modelo Ludotécnico*) y uno que se encuentra en vias de consolidación (*Gamificación*). Seguidamente se establecen los parametros necesarios para dar retroalimentación en el aprendizaje motor; esta propuesta se basa en la forma como el entrenador desarrolla las diferentes actividades motrices durante las sesiones de entrenamiento. En un primer momento el entrenador *observa* lo que los aprendices están realizando (sus gestos técnicos), posteriormente *interpreta* sus acciones según su experticia y conocimiento del campo, y finalmente *diagnóstica* cuales fueron los resultados de las técnicas o movimientos ejecutados por los aprendices. Con base en lo anterior se establecen los parametros necesarios para la arquitectura del ambiente virtual de enseñanza aprendizaje; *parámetro de observación* (el cual se relaciona en la manera como se observa el movimiento); *parámetro de interpretación* (donde se realiza el análisis cinetico y cinematico del movimiento); y finalmente el *parámetro de diagnóstico* (en el cual se brinda la retroalimentación del análisis del movimiento).

En la última fase del proyecto se propone un ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje en donde se vinculan ; *el modelo pedagógico* (en nuestro caso, un modelo pedagógico hibrido); el sistema que permitira la *observación* del movimiento (en nuestro caso una obervación háptica del movimiento); la estructuración de algoritmos para llegar a *interpretar* el movimiento (en nuestro caso se utilizo el modelo de prototipo para la arquitectura del ambiente, y entre los

algoritmos más representativos, esta el algoritmo que permite el reconocimiento de gestos y trazos *\$ P Point-Cloud Recognizer*, el cual a su vez contiene el *algoritmo Húngaro*, permitiendo la comparación entre dos nubes de puntos, dando solución al problema de asignación entre dos gráficos bipartidos); y finalmente el tipo de *diagnóstico* que se le brindara al estudiante luego de ejecutar el movimiento (para nuestro caso, - y se pensaría que para futuras investigaciones – el uso de las diversas modalidades sensoriales, viso-auditva, viso-háptica, audio-háptica, y viso-audio-háptica, para brindar una retroalimentación más integral al estudiante, y sobre todo para identificar en que tipo de movimientos sirven algunas modalidades y en otros, otras).

Igualmente, luego de desarrollar el ambiente virtual de enseñanza-aprendizaje, se procede a realizar algunas pruebas piloto para verificar, explicaciones sobre manejo de controles y gafas de realidad virtual, navegabilidad del ambiente, menús, instrucciones para la realización de las actividades, control de aforo debido a la pandemia, tiempos de aplicación a cada uno de los participantes, tiempos de limpieza entre cada grupo, entre otras actividades.

Para finalizar, se comenta que esta tesis fue presentada en algunas ponencias, entre las que se encuentra la participación en el *I Congreso Internacional de Globalización, Cultura y Sociedad de la Universidad Incca de Colombia*; *I Ier Congreso Internacional La Investigación en el Posgrado de la Universidad Autonoma de Aguas Calientes México*; se presento como articulo de investigación en la revista del Sena “*Revista Rutas de Formación: Prácticas y Experiencias*” y para cerrar el año unos de los eventos más importantes para los profesionales de los campos del entrenamiento deportivo, la actividad física, la recreación, y de todos los expertos en movimiento humano, *Expomotricidad 2021. (Anexo 2)*

9. Conclusiones

Este trabajo buscó estructurar parámetros de diseño para dar retroalimentación en el proceso de aprendizaje motor, específicamente en el proceso de adquisición de habilidades motrices. Igualmente, se identificaron los parámetros de diseño que se deben utilizar en cada una de las modalidades sensoriales cuando se brinde retroalimentación. Estos parámetros permitirán minimizar los tiempos de adquisición y posiblemente ampliar los tiempos de retención de los movimientos que se entrenen (*swing de golf, un tiro a portería, el manejo de armas en las artes marciales*). Para verificar esto, se debe realizar una segunda investigación que permita evaluar las modalidades antes descritas, con el fin de identificar cuál modalidad sensorial es más eficiente en el momento de dar retroalimentación. Durante el escrito se pudo evidenciar, a través de la clasificación de los diseños de retroalimentación, los distintos aportes que han hecho las investigaciones en las distintas modalidades, si bien la mayoría de investigaciones se realizaron de forma aislada, son pocos los estudios que relacionen las distintas modalidades, razón por la cual se busca evaluar las distintas modalidades a la vez.

Por otro lado, antes de pensar en la construcción de ambientes virtuales de enseñanza-aprendizaje, se deben tener en cuenta los modelos pedagógicos presentados en esta investigación, ya que hacen parte de la formación que se presenta en los ambientes donde se desarrolla el movimiento humano, ya sea en la educación física, el entrenamiento deportivo o la actividad física. A nuestro parecer se deben utilizar *modelos pedagógicos híbridos*, los cuales permiten una mirada holística a lo que son los procesos de formación, igualmente la estrategia que se debería utilizar para este tipo de ambientes virtuales de enseñanza-aprendizaje es la *Gamificación*, que si bien aún no es un modelo pedagógico, en poco tiempo puede ser presentado como tal, ya que cuenta con varios parámetros para que sea concebido de esta manera.

Cuando se tiene como base los modelos pedagógicos, se tiene más clara la ruta para la construcción de los ambientes virtuales, si bien la metodología para la construcción de estos ambientes, no tiene en cuenta estos tipos de modelos pedagógicos, y son de alta calidad los programas, software, apps, entre otros, creados, a nuestro parecer se podrían potencializar cuando se vincule desde el principio los modelos pedagógicos híbridos. Se considera igualmente la metodología, establecida por Lozano (2009), la cual está compuesta por un metamodelo de integración que describe el proceso de comunicación entre un Sistema Interactivo y un Sistema de Ayuda al Aprendizaje en tres niveles: *observación, interpretación y diagnóstico*, el objetivo de un SIIAA para el entrenamiento de destrezas físicas es conseguir que el alumno transfiera con éxito las habilidades adquiridas durante el entrenamiento asistido por computador al entorno real. El pensar en unir esta metodología con los modelos pedagógicos híbridos, además de vincular las modalidades de retroalimentación es a nuestra paracer un muy buen punto de partida para establecer parametros de diseño.

La Educación Física, el entrenamiento deportivo, la actividad física y todo el aprendizaje motor son campos de conocimiento de los que emanan infinidad de aprendizajes, debemos incidir con más intensidad para transformar las realidades. Esto permitirá que las propuestas, independientemente de los contenidos y de los fines de trabajo, promuevan la emancipación y la autonomía de los estudiantes. Solamente de este modo podremos incidir decisivamente en la dimensión más amplia de la corporalidad, yendo más allá del mero activismo de una actividad, dinámica o proyecto en concreto.

10. Recomendaciones

Durante la investigación se utilizó el programa VosViewer, el cual resulta ser una herramienta interesante para crear mapas de coocurrencia y así identificar las relaciones que existen entre diversas investigaciones, sin embargo para nuestro estudio se limitó a una sola base de datos Scopus, que si bien tiene un volumen interesante de investigaciones, estas pueden llegar a ampliarse y contrastarse con otras bases de datos.

Por otro lado se busca en una segunda investigación estudiar si la retroalimentación aumentada simultánea propuesta, facilita u obstaculiza el aprendizaje motor de una tarea motriz, si bien se realizaron pruebas piloto del programa desarrollado, aún falta aplicarlo a un grupo considerable de aprendices para verificar nuestra teoría.

11. Referencia

Aguirre, A., Lozano-Rodero, A., Matey, L. M., Villamañe, M., & Ferrero, B. (2014). A novel approach to diagnosing motor skills. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(4), 304-318. <https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2340878>

Aguirre, A., Lozano-Rodero, A., Villamañe, M., Ferrero, B., & Matey, L. M. (2012). OLYMPUS: An Intelligent Interactive Learning Platform for Procedural Tasks. In *GRAPP/IVAPP* (pp. 543-550).

Apolo Buenaño, D. (2019). *Tecnología y educación: un largo camino por recorrer. Puntos de acuerdo, tensiones y disputas entre estudiantes, docentes y autoridades para los usos juveniles de internet con fines educativos* [Doctoral dissertation] Universidad Nacional de La Plata.

<https://doi.org/10.35537/10915/75908>

Arjona, Ó. A. M. (2015). *Aprendizaje motor y realimentación: Consideraciones prácticas*. *Lúdica Pedagógica*, 1(22), 75-83.

Auvinet, E., Multon, F., & Meunier, J. (2015). New lower-limb gait asymmetry indices based on a depth camera. *Sensors*, 15(3), 4605-4623.

Aznar Díaz, I., Trujillo Torres, J. M., & Romero Rodríguez, J. M. (2018). Estudio bibliométrico sobre la realidad virtual aplicada a la neurorrehabilitación y su influencia en la literatura científica. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 29(2), 0-0.

Baier, G., Hermann, T., & Stephani, U. (2007). Event-based sonification of EEG rhythms in real time. *Clinical Neurophysiology*, 118(6), 1377-1386.

Ballesteros, L. (2017) Uso pedagógico de las tecnologías de la información y comunicación en escuelas de tiempo completo. [Tesis doctoral]. Instituto Tecnológico de Sonora

Barahona, J. D. (2020). Retos y oportunidades de la tecnología móvil en la educación física. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (37), 763-773

Batalla Flores, A. (2005). Retroalimentación y aprendizaje motor: influencia de las acciones realizadas de forma previa a la recepción del conocimiento de los resultados en el aprendizaje y la retención de habilidades motrices. [Tesis Doctoral] Universitat de Barcelona.

Baudry, L., Leroy, D., Thouvarecq, R., & Chollet, D. (2006). Auditory concurrent feedback benefits on the circle performed in gymnastics. *Journal of sports sciences*, 24(2), 149-156.

Benko, H., Holz, C., Sinclair, M., & Ofek, E. (2016, October). Normaltouch and texturetouch: High-fidelity 3d haptic shape rendering on handheld virtual reality controllers. In *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology* (pp. 717-728).

Boyd, J., & Godbout, A. (2010). Corrective sonic feedback for speed skating: A case study. Georgia Institute of Technology.

Boyer, E. (2015). Continuous auditory feedback for sensorimotor learning. [Doctoral dissertation]. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.

Caballero, M. O., de Lima, M. P., & Caballero, A. O. (2017). Aplicación de la realidad virtual. Agente de neurorecuperador psíquico-físico y deportivo. *Revista INFAD de Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology.*, 4(1), 313-326.

<https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v4.1060>

Campos Cruz, H. (2018). Uso, creencias y actitudes sobre las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje del personal académico de un Centro Público de Investigación. Caso: CIBNOR.

Campos Soto, M. N., Navas-Parejo, M. R., & Moreno Guerrero, A. J. (2020). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus. *ALTERIDAD. Revista de Educación*, 15(1), 47-60.

Cano-de-la-Cuerda, R., Molero-Sánchez, A., Carratalá-Tejada, M., Alguacil-Diego, I. M., Molina-Rueda, F., Miangolarra-Page, J. C., & Torricelli, D. (2015). Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. Aplicaciones clínicas en neurorehabilitación. *Neurología*, 30(1), 32-41.

<https://doi.org/10.1016/j.nrl.2011.12.010>

Choi, I., Culbertson, H., Miller, M. R., Olwal, A., & Follmer, S. (2017, October). Grability: A wearable haptic interface for simulating weight and grasping in virtual reality. In *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (pp. 119-130).

Choi, I., Ofek, E., Benko, H., Sinclair, M., & Holz, C. (2018, April). Claw: A multifunctional handheld haptic controller for grasping, touching, and triggering in virtual

reality. In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-13).

Choquehuayta Palomino, S. Á. (2018). Modelo pedagógico inteligente con inmersión háptica, basado en el enfoque de aprendizaje de la Programación Neuro-Lingüística (PNL). [Tesis doctoral]. Universidad Nacional San Agustín

Culbertson, H., & Kuchenbecker, K. J. (2016). Importance of matching physical friction, hardness, and texture in creating realistic haptic virtual surfaces. *IEEE transactions on haptics*, 10(1), 63-74.

Díaz, I. A., Rodríguez, J. M. R., & García, A. M. R. (2018). La tecnología móvil de Realidad Virtual en educación: una revisión del estado de la literatura científica en España. *Edmetic*, 7(1), 256-274. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10139>

Dyer, J., Stapleton, P., & Rodger, M. (2017). Transposing musical skill: sonification of movement as concurrent augmented feedback enhances learning in a bimanual task. *Psychological research*, 81(4), 850-862. <https://doi.org/10.1007/s00426-016-0775-0>

Dyer, J., Stapleton, P., & Rodger, M. W. (2015). Sonification as concurrent augmented feedback for motor skill learning and the importance of mapping design. *The Open Psychology Journal*, 8(3), 1-11. <http://dx.doi.org/10.2174/1874350101508010192>

Effenberg, A. O. (2004, January). Using sonification to enhance perception and reproduction accuracy of human movement patterns. In *International Workshop on Interactive Sonification* (Vol. 2004, pp. 1-5).

Eltoukhy, M., Kelly, A., Kim, C. Y., Jun, H. P., Campbell, R., & Kuenze, C. (2016). Validation of the Microsoft Kinect® camera system for measurement of lower extremity jump landing and squatting kinematics. *Sports biomechanics*, 15(1), 89-102.

Erickson, G. B. (2020). *Sports Vision E-Book: Vision Care for the Enhancement of Sports Performance*. Elsevier Health Sciences.

Eriksson, M., & Bresin, R. (2010). Improving running mechanics by use of interactive sonification. *Proceedings of ISON*, 95-98.

Espinoza Vivanco, M. D. (2013). *Videojuego para la construcción de un modelo mental de un sistema de referencias para personas ciegas*. [Tesis de Maestría] Universidad de Chile

Espinoza Vivanco, M. D. (2013). *Videojuego para la construcción de un modelo mental de un sistema de referencias para personas ciegas*. [Tesis de Maestría]. Universidad de Chile

Fani, S., Ciotti, S., Battaglia, E., Moscatelli, A., & Bianchi, M. (2017). W-FYD: A wearable fabric-based display for haptic multi-cue delivery and tactile augmented reality. *IEEE transactions on haptics*, 11(2), 304-316.

Farrow, D., Reid, M., Buszard, T., & Kovalchik, S. (2018). Charting the development of sport expertise: challenges and opportunities. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 11(1), 238-257. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2017.1290817>

Feixa, C., Fernández-Planells, A., & Figueras-Maz, M. (2016). Generación Hashtag. Los movimientos juveniles en la era de la web social. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 14(1), 107-120.

Ferche, O. M., Moldoveanu, A., Moldoveanu, F., DASCĂLU, I., LUPU, R. G., & BODEA, C. N. (2017). Deep Understanding of Augmented Feedback and Associated Cortical Activations, for Efficient Virtual Reality Based Neuromotor Rehabilitation. *Rev. Roum. Sci. Techn.-Électrotechn. et Énerg.*, 63(2), 233-239.

Fernández Pérez, R. (2020). *Uso de Realidad Virtual y Realidad Aumentada para el entrenamiento de actividades físicas*. [Tesis de grado] Universidad Complutense de Madrid.

Feygin, D., Keehner, M., & Tendick, R. (2002, March). Haptic guidance: Experimental evaluation of a haptic training method for a perceptual motor skill. In Proceedings 10th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems. HAPTICS 2002 (pp. 40-47). IEEE.

Françoise, J., Schnell, N., & Bevilacqua, F. (2013, October). A multimodal probabilistic model for gesture--based control of sound synthesis. In Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia (pp. 705-708).

Françoise, J., Schnell, N., & Bevilacqua, F. (2013, October). Gesture-based control of physical modeling sound synthesis: a Mapping-by-Demonstration Approach. In Proceedings of the 21st ACM international conference on Multimedia (pp. 447-448).

Gabbasov, B., Danilov, I., Afanasyev, I., & Magid, E. (2015, December). Toward a human-like biped robot gait: Biomechanical analysis of human locomotion recorded by Kinect-based Motion Capture system. In 2015 10th International Symposium on Mechatronics and its Applications (ISMA) (pp. 1-6). IEEE.

Gao, Z. (Ed.). (2017). Technology in physical activity and health promotion. Taylor & Francis

Gómez Álvarez, N., Venegas Mortecinos, A., Zapata Rodríguez, V., López Fontanilla, M., Maudier Vásquez, M., Pavez-Adasme, G., & Hemández-Mosqueira, C. (2018). Efecto de una intervención basada en realidad virtual sobre las habilidades motrices básicas y control postural de niños con Síndrome de Down. *Revista chilena de pediatría*, 89(6), 747-752.

Gómez García, G., Rodríguez Jiménez, C., & Ramos Navas-Parejo, M. (2019). Virtual Reality in Physical Education area. *Journal of Sport and Health Research*. 11 (Supl 1):177-186.

http://www.journalshr.com/papers/Vol%2011_suplemento/JSJR%20V11_supl_01_16.pdf

Gómez García, G., Rodríguez Jiménez, C., & Ramos Navas-Parejo, M. (2019). Virtual Reality in Physical Education area. *Journal of Sport and Health Research*, 11 (Supl 1):177-186.

http://www.journalshr.com/papers/Vol%2011_suplemento/JSHR%20V11_supl_01_16.pdf

Gonzalvo, F. G., Alventosa, J. P. M., & Devís, J. D. (2018). Los videojuegos como materiales curriculares: una aproximación a su uso en Educación Física. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (34), 305-310.

Granqvist, A., Takala, T., Takatalo, J., & Hämäläinen, P. (2018, October). Exaggeration of Avatar Flexibility in Virtual Reality. In *Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play* (pp. 201-209). <https://doi.org/10.1145/3242671.3242694>

Guadagnoli, M. A., & Lee, T. D. (2004). Challenge point: a framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of motor behavior*, 36(2), 212-224 <https://doi.org/10.3200/JMBR.36.2.212-224>

Guillamón, A. R., & Cantó, E. G. (2018). Análisis bibliográfico de los modelos teóricos explicativos del aprendizaje motor. *Revista Peruana de ciencia de la actividad física y del deporte*, 5(4), 15-15.

Hachaj, T. (2019). Improving Human Motion Classification by Applying Bagging and Symmetry to PCA-Based Features. *Symmetry*, 11(10), 1264.

<https://doi.org/10.3390/sym11101264>

Haith, A. M., Pakpoor, J., & Krakauer, J. W. (2016). Independence of movement preparation and movement initiation. *Journal of Neuroscience*, 36(10), 3007-3015.

Helmer, R. J., Farrow, D., Lucas, S. R., Higgerson, G. J., & Blanchonette, I. (2010). Can interactive textiles influence a novice's throwing technique?. *Procedia Engineering*, 2(2), 2985-2990.

Horsak, B., Dlapka, R., Iber, M., Gorgas, A. M., Kiselka, A., Gradl, C., ... & Doppler, J. (2016). SONIGait: a wireless instrumented insole device for real-time sonification of gait. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 10(3), 195-206. <https://doi.org/10.1007/s12193-016-0216-9>

Hsu, W. C., Lin, H. C. K., & Lin, Y. H. (2017, May). The research of applying Mobile Virtual Reality to Martial Arts learning system with flipped classroom. In 2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI) (pp. 1568-1571). IEEE.

Hülsmann, F. (2019). *Motor Learning in Virtual Reality: From Motion to Augmented Feedback*. [Doctoral dissertation]. Universität Bielefeld.

Hülsmann, F., Göpfert, J. P., Hammer, B., Kopp, S., & Botsch, M. (2018). Classification of motor errors to provide real-time feedback for sports coaching in virtual reality—A case study in squats and Tai Chi pushes. *Computers & Graphics*, 76, 47-59.

Hummel, J., Hermann, T., Frauenberger, C., & Stockman, T. (2010, April). Interactive sonification of German wheel sports movement. In *Human Interaction with Auditory Displays—Proceedings of the Interactive Sonification Workshop* (pp. 17-22).

Kim, J., Gravunder, A., & Park, H. S. (2015). Commercial motion sensor based low-cost and convenient interactive treadmill. *Sensors*, 15(9), 23667-23683.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.

Koekoek, J., & Van Hilvoorde, I. (Eds.). (2018). *Digital technology in physical education: Global perspectives*. Routledge.

Koekoek, J., & Van Hilvoorde, I. (Eds.). (2018). *Digital technology in physical education: Global perspectives*. Routledge.

Krakauer, J. W., & Mazzoni, P. (2011). Human sensorimotor learning: adaptation, skill, and beyond. *Current opinion in neurobiology*, 21(4), 636-644.

Krigslund, R., Dosen, S., Popovski, P., Dideriksen, J. L., Pedersen, G. F., & Farina, D. (2012). A novel technology for motion capture using passive UHF RFID tags. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 60(5), 1453-1457.

Levac, D. E., Huber, M. E., & Sternad, D. (2019). Learning and transfer of complex motor skills in virtual reality: a perspective review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 16(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0587-8>

Llinás, R. R. (2003). *El cerebro y el mito del yo: el papel de las neuronas en el pensamiento y el comportamiento humanos*. Editorial Norma.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ct2mEnu5_WkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=el+cerebro+y+el+mito+del+yo&ots=zzLGix85xu&sig=q-SZIXjThOSZITBs85C-RXJal#v=onepage&q=el%20cerebro%20y%20el%20mito%20del%20yo&f=false

Loke, L., Larssen, A., & Robertson, T. (2005). Labanotation for design of movement-based interaction. *Proceedings of the second Australasian conference on Interactive entertainment*, 2005. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1109197>

Luft, A. R., & Buitrago, M. M. (2005). Stages of motor skill learning. *Molecular neurobiology*, 32(3), 205-216.

Magill, R. A., & Anderson, D. (2010). *Motor learning and control*. McGraw-Hill Publishing

Magill, R. A., & Anderson, D. (2013). *Motor learning and control: Concepts and Applications*. McGraw-Hill Publishing

Mansour, N. A., El-Bab, A. M. F., & Abdellatif, M. (2012, June). Design of a novel multi-modal tactile display device for biomedical applications. In 2012 4th IEEE RAS & EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics (BioRob) (pp. 183-188). IEEE.

Márquez, J. M. C., & Celis, C. C. (2017). Enciclopedia para Padres, sobre Actividad Física, Salud y Educación en los niños (Vol. 1). Wanceulen Editorial.

Márquez, J. M. C., & Celis, C. C. (2020). Temario Resumido de Oposiciones de Educación Física Secundaria (LOMCE) Volumen IV: Acceso al cuerpo de profesores de Enseñanza Secundaria. Wanceulen Editorial SL.

Martínez, J. A. M. (2009). El movimiento humano: ciencia, competencias y estándares. Editorial Kinesis.

https://books.google.com.co/books/about/El_movimiento_humano.html?id=r2j5jwEACAAJ&redir_esc=y

Meinel, K. & Gunter Schnabel(2004). Teoría del movimiento. Editorial Stadium SRL.
https://www.libreriadeportiva.com/libro/teoria-del-movimiento-motricidad-deportiva_11224

Mononen, K. (2007). The effects of augmented feedback on motor skill learning in shooting: A feedback training intervention among inexperienced rifle shooters (No. 122). University of Jyväskylä.

Moreno-Guerrero, A. J., Rodríguez Jiménez, C., Ramos Navas-Parejo, M., & Sola Reche, J. M. (2020). Interés y Motivación del Estudiantado de Educación Secundaria en el uso de Aurasma en el Aula de Educación Física. Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación. (38), 333-340. <http://hdl.handle.net/10045/107286>

Moreno-Guerrero, A. J., Rodríguez Jiménez, C., Ramos Navas-Parejo, M., & Sola Reche, J. M. (2020). Interés y Motivación del Estudiantado de Educación Secundaria en el uso de Aurasma en el Aula de Educación Física. *Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*. (38), 333-340. <http://hdl.handle.net/10045/107286>

Moumdjian, L., Vervust, T., Six, J., Schepers, I., Lesaffre, M., Feys, P., & Leman, M. (2020). The Augmented Movement Platform For Embodied Learning (AMPEL): development and reliability. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s12193-020-00354-8>

Murakami, T., Person, T., Fernando, C. L., & Minamizawa, K. (2017). Altered touch: miniature haptic display with force, thermal and tactile feedback for augmented haptics. In *ACM SIGGRAPH 2017 Posters* (pp. 1-2).

Nakamura, T., & Yamamoto, A. (2016, April). Extension of an electrostatic visuo-haptic display to provide softness sensation. In *2016 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)* (pp. 78-83). IEEE.

Neira, E. (2018). Diseño de un Modelo de Incorporación de Tecnologías Emergentes en el aula (MITEA) para la generación de estrategias didácticas por parte de los docentes [Tesis doctoral]. Universitat de les Illes Balears. <http://hdl.handle.net/11201/149058>

Nicola J. Hodges, A. Mark Williams. (2019). *Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice*. Routledge

Noot, H., & Ruttkay, Z. (2005). The gestyle language. *International Journal of Human-Computer Studies-Special issue: Subtle expressivity for characters and robots*, 62(2).

O’Keefe, J. A., Orías, A. A. E., Khan, H., Hall, D. A., Berry-Kravis, E., & Wimmer, M. A. (2014). Implementation of a markerless motion analysis method to quantify hyperkinesia in males with fragile X syndrome. *Gait & posture*, 39(2), 827-830.

O’Meara, S. M., Karasinski, J. A., Miller, C. L., Joshi, S. S., & Robinson, S. K. (2021). Effects of Augmented Feedback and Motor Learning Adaptation on Human–Automation Interaction Factors. *Journal of Aerospace Information Systems*, 1-14.

op den Akker, H., Cabrita, M., op den Akker, R., Jones, V. M., & Hermens, H. J. (2015). Tailored motivational message generation: A model and practical framework for real-time physical activity coaching. *Journal of biomedical informatics*, 55, 104-115.

<https://doi.org/10.1016/j.jbi.2015.03.005>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). 2009. La comprensión del cerebro: el nacimiento de una ciencia del aprendizaje. UCSH.

<https://www.upla.cl/inclusion/wp-content/uploads/2015/06/Brain-PDF-Spanish.pdf>

Ortuzar, A. A. (2013). *Sistemas Interactivos Inteligentes de Ayuda al Aprendizaje de Destrezas Físicas* (Doctoral dissertation, Universidad de Navarra).

Ortuzar, A. A. (2013). *Sistemas Interactivos Inteligentes de Ayuda al Aprendizaje de Destrezas Físicas* [Doctoral dissertation] Universidad de Navarra).

Parnell, D., Widdop, P., Bond, A., & Wilson, R. (2020). COVID-19, networks and sport. *Managing Sport and Leisure*, (25), 1-7. <https://doi.org/10.1080/23750472.2020.1750100>

Pauletto, S., & Hunt, A. (2006). The sonification of EMG data. *Georgia Institute of Technology*.

Pauletto, S., & Hunt, A. (2009). Interactive sonification of complex data. *International Journal of Human-Computer Studies*, 67(11), 923-933.

Pereira, L. G., Camacho, A. P. H., & de la Rosa, Y. A. (2018). Las herramientas tecnológicas TIC s como elemento alternativa para el desarrollo del componente físico. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, (34), 222-229.

Petri, K., Bandow, N., Masik, S., & Witte, K. (2019). Improvement of early recognition of attacks in karate kumite due to training in virtual reality. *Journal Sport Area*, 4(2), 294-308.
[https://doi.org/10.25299/sportarea.2019.vol4\(2\).3370](https://doi.org/10.25299/sportarea.2019.vol4(2).3370)

Piaget, J., Osterrieth, P. A., Nuttin, J., & Bresson, F. (1977). Los procesos de adaptación. Nueva Visión.

Posso Pacheco, R. J., Otañez Enríquez, J. M., Paz Viteri, S., Ortiz Bravo, N. A., & Núñez Sotomayor, L. F. X. (2020). Por una Educación Física virtual en tiempos de COVID. Podium. *Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 15(3), 705-716.

Pfleeger, S., & Atlee, J. (1998). *Software engineering: theory and practice*. India: Pearson
Abrams, G. D., Harris, A. H., Andriacchi, T. P., & Safran, M. R. (2014). Biomechanical analysis of three tennis serve types using a markerless system. *British Journal of Sports Medicine*, 48(4), 339-342. Education.

Qian, G., Guo, F., Ingalls, T., Olson, L., James, J., & Rikakis, T. (2004, June). A gesture-driven multimodal interactive dance system. In 2004 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)(IEEE Cat. No. 04TH8763) (Vol. 3, pp. 1579-1582). IEEE.

Quintana Recasens, M. (2019). Efectos de diversas modalidades de feedback en el aprendizaje de una tarea motora compleja en el fútbol [Doctoral dissertation] Universitat Ramon Llull

Raiola, G. (2017). Motor learning and teaching method. *Journal of Physical Education and Sport*, 17, 2239-2243.

Rauter, G., Sigrist, R., Koch, C., Crivelli, F., van Raai, M., Riener, R., & Wolf, P. (2013). Transfer of complex skill learning from virtual to real rowing. *PloS one*, 8(12), e82145.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082145>

Rodero, A. L. (2009). Metodología de desarrollo de sistemas interactivos inteligentes de ayuda al aprendizaje de tareas procedimentales basados en realidad virtual y mixta (Doctoral dissertation, Universidad de Navarra).

Rodger, M. W., & Craig, C. M. (2011). Timing movements to interval durations specified by discrete or continuous sounds. *Experimental Brain Research*, 214(3), 393-402.

Rodríguez Cortés, R. (2011). Análisis de la integración de la Tecnologías de la Información y Comunicación en Educación Infantil en Navarra. [Tesis Doctoral] Universidad de Nacional de Educación a Distancia

Ruiz, L. M. (2015). Motor learning in Sport. A short stroll into a (un) familiar world.[Aprendizaje motor en el deporte: Un corto paseo por un mundo (des) conocido]. RICYDE. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi: 10.5232/ricyde, 11(39), 1-4.

Ruttkay, Z., & Van Welbergen, H. (2008, September). Elbows higher! Performing, observing and correcting exercises by a virtual trainer. In *International Workshop on Intelligent Virtual Agents* (pp. 409-416). Springer, Berlin, Heidelberg.

Sánchez, J. V. (2019). La memoria: las conexiones neuronales que encierran nuestro pasado. RBA Libros.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Do3ODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=engramas+seg%C3%BAAn+Lashley.&ots=ZkCBLB-KA5&sig=qoN7CHL69osrTNOMNP8F5otwmzw#v=onepage&q=engramas%20seg%C3%BAAn%20Lashley.&f=false>

Sánchez, J., & De la Torre, N. (2011, junio 16-17) AHM, videojuego basado en audio y háptica para el desarrollo de la orientación y movilidad en estudiantes ciegos [Congreso] In Proc. VI Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad (IBERDISCAP) Palma de Mallorca (España). https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Sanchez-6/publication/306013682_AHM_videojuego_basado_en_audio_y_haptica_para_el_desarrollo_de_la_orientacion_y_movilidad_en_estudiantes_ciegos/links/5877906008aebf17d3bb8df3/AHM-videojuego-basado-en-audio-y-haptica-para-el-desarrollo-de-la-orientacion-y-movilidad-en-estudiantes-ciegos.pdf

Santos, O. C. (2016). Training the body: The potential of AIED to support personalized motor skills learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 730-755.

Santos, O. C. (2017, July). Psychomotor learning in martial arts: An opportunity for user modeling, adaptation and personalization. In *Adjunct Publication of the 25th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization* (pp. 89-92). <https://doi.org/10.1145/3099023.3099107>

Santos, O. C. (2017). Toward personalized vibrotactile support when learning motor skills. *Algorithms*, 10(1), 15. <https://doi.org/10.3390/a10010015>

Schaffert, N., Mattes, K., Barrass, S., & Effenberg, A. O. (2009, December). Exploring function and aesthetics in sonifications for elite sports. In *Proceedings of the 2nd international conference on music communication science (ICoMCS2)* (Vol. 83, p. 86). HCSNet.

Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2018). Motor control and learning: A behavioral emphasis. *Human kinetics*.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EvJ6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=related:>

[sFGsaQMj0p4J:scholar.google.com/&ots=k5BqeJm8NI&sig=IBK7DVPCYZ_3eeL3ZtvTnR-pzYM#v=onepage&q&f=false](https://scholar.google.com/&ots=k5BqeJm8NI&sig=IBK7DVPCYZ_3eeL3ZtvTnR-pzYM#v=onepage&q&f=false)

Shull, P. B., & Damian, D. D. (2015). Haptic wearables as sensory replacement, sensory augmentation and trainer—a review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 12(1), 1-13.

<https://doi.org/10.1186/s12984-015-0055-z>

Sigrist, R. (2011). Visual and auditory augmented concurrent feedback in a complex motor task. *Presence*, 20(1), 15-32.

Sigrist, R., Rauter, G., Marchal-Crespo, L., Riener, R., & Wolf, P. (2015). Sonification and haptic feedback in addition to visual feedback enhances complex motor task learning.

Experimental brain research, 233(3), 909-925. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-4167-7>

Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R., & Wolf, P. (2013). Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: a review. *Psychonomic bulletin & review*, 20(1), 21-53. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0333-8>

Smith, E. E., & Kosslyn, S. M. (2008). *Procesos cognitivos: modelos y bases neurales*. Madrid: Pearson Educación.

Sors, F., Murgia, M., Santoro, I., & Agostini, T. (2015). Audio-based interventions in sport. *The Open Psychology Journal*, 8(1). <http://dx.doi.org/10.2174/1874350101508010212>

Tadayon, R., McDaniel, T., & Panchanathan, S. (2017). A survey of multimodal systems and techniques for motor learning. *Journal of information processing systems*, 13(1), 8-25.

<https://doi.org/10.3745/JIPS.02.0051>

Torres, J. L. F. (2020). La sociedad y la comunicación desde la perspectiva de Manuel Castells de sociedad red. *Sintaxis*, 1(5), 85-102. <https://orcid.org/0000-0001-9111-5812>

Ungerechts, B. E., Cesarini, D., Hamann, M., Ritter, Y., Weidner, S., Haldorn, T., & Hermann, T. (2016). Patterns of flow pressure due to hand-water-interaction of skilled breaststroke swimmers—a preliminary study. *Procedia engineering*, 147, 330-335.

van Breda, E., Verwulgen, S., Saeys, W., Wuyts, K., Peeters, T., & Truijen, S. (2017). Vibrotactile feedback as a tool to improve motor learning and sports performance: a systematic review. *BMJ open sport & exercise medicine*, 3(1). <http://dx.doi.org/10.1136/bmjsem-2016-000216>

Wang, D., Ohnishi, K., & Xu, W. (2019). Multimodal haptic display for virtual reality: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67(1), 610-623. <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2920602>

Whitmire, E., Benko, H., Holz, C., Ofek, E., & Sinclair, M. (2018, April). Haptic revolver: Touch, shear, texture, and shape rendering on a reconfigurable virtual reality controller. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-12).

Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2016). Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychonomic bulletin & review*, 23(5), 1382-1414. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0999-9>