

Diseño de un Sistema de Evaluación de Rehabilitación Motriz (Manos), Mediante Videojuegos Virtuales

VALENTE-PINEDA, Yamel Anahi, MARTÍNEZ-ARROYO, Miriam, GUTIÉRREZ-MATA, Francisco Javier, HERNÁNDEZ-REYNA, Rafael

Tecnológico Nacional de México (TecNM)/Instituto Tecnológico de Acapulco(ITA)
Recibido: septiembre, 22, 2020; Aceptado Febrero 9, 2021.

Resumen

En la presente investigación se describe el diseño de evaluación de rehabilitación motriz (manos) mediante el uso de videojuegos virtuales, la cual surge de la necesidad de apoyar a jóvenes con discapacidad en el miembro superior, ya que en la Encuesta Nacional Dinámica Demográfica (ENADID), Guerrero es uno de los estados con mayor prevalencia de población con discapacidad con un 9.4% de la población. Para realizar este proyecto se utilizará tecnología de rehabilitación virtual, la cual se basa en ejercicios por medio de videojuegos en ambientes virtuales, la cual apoyará a la recuperación motriz de los pacientes. El sistema tiene como objetivo arrojar un diagnóstico final de la evolución en la rehabilitación que recibirán los pacientes y que el médico podrá comparar con la rehabilitación convencional, para visualizar los avances obtenidos.

Palabras clave: Rehabilitación, Discapacidad, Evaluación, Videojuegos.

Abstract

This research describes the evaluation design of motor (hand) rehabilitation through the use of virtual video games, which arises from the need to support young people with disabilities in the upper limb, since in the National Dynamic Demographic Survey (ENADID), Guerrero is one of the states with the highest prevalence of disabled population with 9.4% of the population. To carry out this project, virtual rehabilitation technology will be used, which is based on exercises through video games in virtual environments, which will support the motor recovery of patients. The system aims to provide a final diagnosis of the evolution in the rehabilitation that patients will receive and that the doctor can compare with conventional rehabilitation, to visualize the progress made.

Keywords: Rehabilitation, Disability, Evaluation, Video Games.

Citación: VALENTE-PINEDA, Yamel Anahi, MARTÍNEZ-ARROYO, Miriam, GUTIÉRREZ-MATA, Francisco Javier, HERNÁNDEZ-REYNA, Rafael. Diseño de un Sistema de Evaluación de Rehabilitación Motriz (Manos), Mediante Videojuegos Virtuales. Foro de Estudios sobre Guerrero. 2020, Mayo 2021- Abril 2022 Vol.9 No.1 339-347

Correspondencia al Autor (MM19320020@acapulco.tecnm.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La Organización Mundial de la Salud, indica que más de mil millones de personas, o sea, el

15% de la población mundial, padece alguna forma de discapacidad. Las tasas de discapacidad tienden a acrecentar cada vez más debido al envejecimiento de la población y el aumento de enfermedades crónicas, entre otras causas, es por ello que un número significativo de habitantes cuentan con una dificultad motriz la cual le impide desarrollar sus actividades cotidianas. (OMS, 2018).

De acuerdo con datos de la ENADID 2018, de las 115.7 millones de personas que habitan en el país, 7.7 millones son considerados como población con discapacidad, esto equivale a 6.7% de la población. Por entidad federativa los estados con mayor prevalencia de población con discapacidad son: Zacatecas (10.4%), Tabasco (9.8%) y Guerrero (9.4%). (ENADID, 2019).

Los seres humanos a lo largo de su vida pueden sufrir lesiones que originan alguna discapacidad motriz, en extremidades inferiores, así como en las superiores, esto es generado a partir del tipo de lesión ya sea por una enfermedad vascular cerebral (ECV) o un accidente físico.

La rehabilitación es un proceso complejo y continuo de duración limitada que resulta de procedimientos de fisioterapia para lograr que el individuo recupere su estado funcional. Los pacientes asisten a centros de rehabilitación durante largos periodos, al final de sus terapias el médico especialista realiza una evaluación del estado físico del paciente.

La rehabilitación convencional hoy en día presenta en los pacientes síntomas de aburrimiento, cansancio y frustración, debido a que la mayoría de las terapias se enfocan más en aspectos clínicos, olvidando que gran parte de la rehabilitación se produce en el cerebro. Los pacientes que reciben rehabilitación virtual muestran más interés en llevar a cabo sus terapias de manera continua, si nos ponemos en su lugar podemos pensar en la constancia, fuerza de

voluntad y nivel de motivación que se necesita para llevarlas a cabo todo el proceso de rehabilitación.

Rehabilitación virtual

En la actualidad se han creado métodos alternativos de rehabilitación como lo son las plataformas virtuales para rehabilitar personas con discapacidad, en apoyo a las personas que tienen limitada la función en alguna parte de su cuerpo causadas por desórdenes cerebrales, neurológicos, medulares, óseos o musculares.

Las personas que padecen una discapacidad se enfrentan a retos cada día para conseguir una forma de vivir adaptable a ellas, es por ello que se han buscado estrategias de atención de rehabilitación para las personas con discapacidad, con el objetivo de disminuir el déficit funcional, favoreciendo la aceptación de la discapacidad, la independencia y la inserción social. A través de la terapia de rehabilitación virtual se busca crear un vínculo de retroalimentación entre el paciente, realizando los ejercicios de rehabilitación y el fisioterapeuta en tiempo real, el fisioterapeuta puede monitorear el avance y desempeño del paciente. (Discapacidad, 2018)

Discapacidad

Es un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad, y las restricciones de la participación. Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal; las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas, y las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales. Por consiguiente, la discapacidad es un fenómeno complejo que refleja una interacción entre las características del organismo humano y las características de la sociedad en la que vive. (OMS, 2018)

Rehabilitación

La Real Academia Española define la rehabilitación, como un conjunto de métodos que tiene por finalidad la recuperación de una actividad o función perdida o disminuida por traumatismo o enfermedad. (R.A.E., 2019). Por su parte la Organización Mundial de la Salud determina la rehabilitación y habilitación son procesos destinados a permitir que las personas con discapacidad alcancen y mantengan un nivel óptimo de desempeño físico, sensorial, intelectual, psicológico y/o social. La rehabilitación abarca un amplio abanico de actividades como atención médica de rehabilitación, fisioterapia, psicoterapia, terapia del lenguaje, terapia ocupacional y servicios de apoyo. (OMS, 2018).

Videojuegos

Los beneficios de los videojuegos para rehabilitación más importantes que se han conseguido hasta la fecha son: mejoras en la marcha, resistencia, equilibrio, coordinación, fortalecimiento de los músculos y entrenamiento de habilidades cognitivas. La tecnología ha cambiado considerablemente la manera de jugar de niños y adolescentes.

Los videojuegos y las nuevas tecnologías parecen tener innovadoras aplicaciones en medicina y posibilitan llevar a cabo terapias de rehabilitación. Para que cumplan su objetivo, el fisioterapeuta debe estar presente, evaluando que los ejercicios se hagan correctamente para evitar lesiones o bien para que el uso del videojuego sea lo más provechoso posible. (Martínez García, 2018).

Objetivo general

Validar el desarrollo de un sistema de evaluación de rehabilitación motriz (manos) mediante el uso de videojuegos virtuales en jóvenes con discapacidad del miembro superior, que permita conocer un diagnóstico de la evolución del paciente mediante rehabilitación virtual.

Objetivos específicos

- Conocer el nivel de actividad cognitiva en que se encuentran los jóvenes que van a recibir la rehabilitación virtual.
- Analizar el proceso de evaluación de rehabilitación motriz (manos) mediante el uso de videojuegos virtuales
- Realizar pruebas del sistema de rehabilitación para validar su funcionamiento mediante la información registrada en la base de datos.
- Obtener un diagnóstico de la motricidad del paciente al recibir terapias de rehabilitación virtual.

Planteamiento del problema

Los seres humanos a lo largo de su vida pueden sufrir lesiones que originan alguna discapacidad motriz, en extremidades inferiores, así como en las superiores, esto es generado a partir del tipo de lesión ya sea por una enfermedad vascular cerebral (ECV) o un accidente físico.

Las lesiones de miembro superior ocasionan un profundo impacto en la calidad de vida del paciente y para la recuperación debe permitírsele jugar un papel activo importante en el proceso de rehabilitación. Por dichas razones se están empleando las nuevas tecnologías para abordar este tema como la rehabilitación virtual.

La rehabilitación convencional hoy en día presenta en los pacientes síntomas de aburrimiento, cansancio y frustración, debido a que la mayoría de las terapias se enfocan más en aspectos clínicos, olvidando que gran parte de la rehabilitación se produce en el cerebro. Los pacientes que reciben rehabilitación virtual muestran más interés en llevar a cabo sus terapias de manera continua, si nos ponemos en su lugar podemos pensar en la constancia, fuerza de voluntad y nivel de motivación que se necesita para llevarlas a cabo todo el proceso de rehabilitación.

Artículo

Modernización Tecnológica y Desarrollo Regional

Hipótesis

Evaluar e interpretar los resultados a partir del conocimiento de la rehabilitación convencional de los pacientes, y mediante la rehabilitación virtual se obtendrá un diagnóstico de evaluación de los resultados obtenidos como el tiempo en realizar el ejercicio, el nivel y el tipo videojuego, esto ayudará al fisioterapeuta a evaluar los datos de avance del paciente y podrá hacer una comparación con la terapia convencional.

Justificación

En la actualidad se han creado métodos alternativos de rehabilitación como lo son las plataformas virtuales para rehabilitar personas con discapacidad, en apoyo a las personas que tienen limitada la función en alguna parte de su cuerpo causadas por desórdenes cerebrales, neurológicos, medulares, óseos o musculares. Las personas que padecen una discapacidad se enfrentan a retos cada día para conseguir una forma de vivir adaptable a ellas, es por ello que se han buscado estrategias de atención de rehabilitación para las personas con discapacidad, con el objetivo de disminuir el déficit funcional, favoreciendo la aceptación de la discapacidad, la independencia y la inserción social. A través de la terapia de rehabilitación virtual se busca crear un vínculo de retroalimentación entre el paciente, realizando los ejercicios de rehabilitación y el fisioterapeuta en tiempo real, el fisioterapeuta puede monitorear el avance y desempeño del paciente. (Discapacidad, 2018).

Estado del Arte

De acuerdo con la investigación elaborada por (D.E. Guzmán, 2016). Presenta los resultados del proceso de revisión sobre rehabilitación virtual en el miembro superior, basado en ambientes virtuales. Se hizo una recopilación de artículos científicos y bases de datos, se concluyó que no existen criterios para obtener un índice que mejor se adapte a los objetivos de un proceso determinado de rehabilitación.

La mayoría de las veces, el origen de la discapacidad se desarrolla por Enfermedades Cerebro Vasculares (ECV) son la causa más frecuente de asistencia neurológica, que engloba los trastornos transitorios que se producen en el encéfalo, la parte más grande del cerebro e implica los vasos sanguíneos cerebrales (WHO, World Health Organization., 2015).

La ingeniería en la rehabilitación implica que, en los procesos de rehabilitación convencionales, el usuario es quien se hace uso de sus sentidos para realizar las tareas, por lo que la realidad virtual debe emular dichas situaciones (F. Rose, 2000).

Para llevar a cabo este tipo de rehabilitación virtual, algunos eligen la tecnología háptica usando juegos en el computador, mostrando cambios positivos en los usuarios al realizar este tipo de actividades (J. Broeren, 2008). La comparación entre rehabilitación virtual y un programa de rehabilitación clásico, mostró que la rehabilitación virtual es una buena opción para los pacientes ambulatorios o domiciliarios (H. Sveistrup, 2003).

En cuanto a entornos virtuales se refiere, es importante mantener la atención del usuario en la rehabilitación, por ello algunos sistemas utilizan los serious games (juegos serios), para obtener una adaptación dinámica de los escenarios y desafíos de un juego a las habilidades individuales de un jugador, esto puede resultar útil para incrementar jugabilidad (Z. M. Osman, 2015). Cabe mencionar que los entornos virtuales no solo se utilizan para rehabilitar a personas que adquieren una discapacidad por medio de ECV, la utilizan también otro tipo de enfermedades específicas como Parkinson, entre otras (I. T. Paraskevopoulos, 2014).

Artículo

Modernización Tecnológica y Desarrollo Regional

Metodología

Para el desarrollo de este sistema se elaboró una metodología que consta de cinco módulos:

- 1.Requerimientos.
- 2.Diseño conceptual.
- 3.Diseño de interfaz.
- 4.Obtención de datos.
- 5.Pruebas y resultados.

En los requerimientos se plantea la obtención de requerimientos del sistema como son los siguientes: videojuegos (serán de dos tipos uno para ejercicio pronosupinación y el segundo ejercicio movilidad de dedos), nivel de videojuegos (se clasificará en tres niveles, nivel principiante, nivel medio y nivel avanzado) y tiempo de rehabilitación convencional existente (conocer el tiempo de rehabilitación convencional del paciente para en un determinado tiempo hacer la comparativa de los datos que arrojará el sistema con los que ya se conocen de la rehabilitación convencional).

En el diseño conceptual se implementará la base de datos que será utilizada para el sistema (contendrá las siguientes clases: 1) La clase principal mostrara el ID Paciente, el ID Médico, 2) Visualizar resultados preliminares, mostrará que ejercicio se realizó y el nivel que obtenga el paciente y 3) Resultados finales, mostrará los datos que obtenga el paciente del proceso de rehabilitación).

En el módulo obtención de datos, el sistema arrojará los datos obtenidos por la terapia que realiza cada paciente (tipo de ejercicio, nivel de ejercicio y tiempo de ejercicio).

Y por último el módulo pruebas y resultados (se hará la comparación de la rehabilitación convencional y el diagnóstico arrojado por videojuegos). En base a esta metodología se implementará este sistema de evaluación, cada módulo cuenta con distintas actividades que se deben realizar para así poder lograr el objetivo que se plantea para esta solución.

Representación gráfica de la metodología



Figura 1: Representación gráfica de la metodología. Fuente: Elaboración propia.

Procesamiento

Estos ejercicios están destinados a recuperar la movilidad de la mano y la muñeca tras un periodo de inmovilización o un traumatismo, siempre y cuando el médico permita la rehabilitación motriz del paciente, por ello se toman en cuenta ambientes virtuales que mostrarán una visualización de videojuegos los cuales el paciente debe realizar para poder recuperar la funcionalidad del miembro superior. Los ejercicios que se utilizarán en esta propuesta son dos: pronosupinación y movilidad de dedos:

- 1)Pronosupinación: Sentado a una mesa, con el brazo apoyado sobre un cojín y el codo doblado, se gira la mano para intentar mirarnos la palma (A), mantener 10 segundos y descansar. Posteriormente se gira en el otro sentido, intentando mirarnos el dorso de la mano (B), mantener 10 segundos y descansar.



Figura 2 Ejercicio Pronosupinación.

Fuente: Tomada de (Mundortopedia)
http://www.mundortopedia.com/blog/5_pronosupinacion.html

2) Movilidad de dedos: Con la punta del dedo pulgar, intentar tocar la yema de cada uno de los otros dedos.

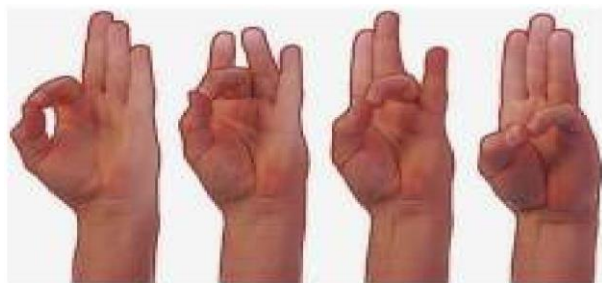


Figura 3: Ejercicio Movilidad de dedos.

Fuente: Adaptada de (traumatología).
<https://traumatologiahellin.wordpress.com/ejercicios/ejercicios-de-mano-y-muneca/>

Métricas de movimiento

Los movimientos se exploran a través de movimientos activos: que son los que realiza el paciente, los movimientos pasivos que son los que hace el médico y los movimientos resistidos que son aquellos en los que el médico pone resistencia al movimiento del miembro.

En este sistema las métricas que se tomarán en cuenta son: tipo de ejercicio, nivel de ejercicio y tiempo de Ejercicio, donde los tipos de ejercicio son dos: pronosupinación y movilidad de dedos, el nivel de ejercicio se clasificará en tres niveles que son: nivel principiante, nivel medio, y nivel avanzado, y por último el tiempo de ejercicio: dependiendo la duración de los ejercicios se mostrarán los minutos en los que el paciente realiza cada ejercicio de rehabilitación para determinar el nivel en que se encuentra.

Descripción del método de evaluación

El paciente va interactuar en un escenario virtual con el sistema por medio de videojuegos con apoyo de un guante háptico, el paciente será estimulado para recuperar la funcionalidad, el sistema captará la información de las métricas que se tomarán en cuenta para la evaluación que son: tipo de ejercicio, nivel de ejercicio y tiempo de ejercicio, estos son almacenados en una base de datos para después graficar e interpretar los resultados de la evaluación.

Sistema háptico

Los elementos del sistema háptico son tres como se muestra en la Figura 3: el primero es un dispositivo háptico (guante), el segundo una computadora donde se visualizará el ambiente virtual (videojuegos) y por último un operador humano (paciente).

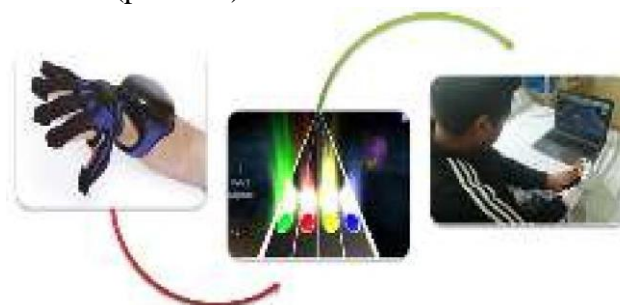


Figura 4. Elementos del sistema háptico.

Fuente: Elaboración propia.

1. Dispositivo háptico: El paciente interactúa con el dispositivo háptico, durante el proceso se tiene la actuación de las fuerzas de los ejercicios de pronosupinación y movimiento de dedos sobre el contacto con ambientes virtuales en información táctil.

2.Sensores y actuadores: El paciente realiza los ejercicios y por medio del guante háptico guarda la información de las señales que emiten mediante el ambiente virtual que perciben y se almacenan en la base de datos para ser analizados.

3.Percepción humana: La habilidad humana y la fuerza de voluntad que presentan los pacientes al recibir rehabilitación virtual es de gran ayuda para poder recuperar la funcionalidad motriz del miembro superior, el paciente percibe las propiedades que se están utilizando.

4.Funcionalidad motriz: La habilidad del paciente controlará la fuerza de contacto durante el proceso de manipulación para conocer las limitaciones sensoriales y a su vez ir alcanzando el objetivo que es poder recuperar la motricidad en el miembro.

5.Evolución virtual: El miembro superior recibe la estimulación del sentido del tacto que se lleva a cabo mediante el envío de información del ejercicio que esté realizando el paciente y el tiempo en que se ejecuta el ejercicio con apoyo del guante háptico.

6.Interacción hombre-máquina: Se llevarán a cabo pruebas con pacientes con discapacidad en el miembro superior para poder llegar al objetivo de la evaluación del sistema de percepción háptica para rehabilitación virtual, donde el dispositivo háptico dará a conocer las limitaciones que presenten los pacientes para poder ejecutar los ejercicios de rehabilitación, así como el avance que van adquiriendo para poder recuperar la funcionalidad motriz. Los resultados reflejarán que esta tecnología de rehabilitación virtual es óptima para la recuperación de los pacientes.

El paciente es quien juega el papel más importante durante la retroalimentación del sistema, sin embargo, se requiere de los aspectos tecnológicos tanto de hardware como de software son parte indispensable en el proceso de interacción.

Resultados

De tal manera los resultados serán obtenidos a través de la medición del rendimiento del miembro superior afectado de pacientes con discapacidad, determinarán los objetivos de la intervención, así como los resultados de la rehabilitación. Se tomarán en cuenta las métricas:

- > Tipo de ejercicio: Pronosupinación o movimiento de dedos.
- > Nivel del ejercicio: nivel principiante, nivel medio, y nivel avanzado.
- > Tiempo del ejercicio: la duración de los ejercicios se mostrará los minutos en los que el paciente realiza cada ejercicio.

En el ambiente virtual se mostrarán videojuegos donde el paciente llevara a cabo estos movimientos y se tomarán métricas de tiempo en realizar los ejercicios, se hará una comparativa con datos existentes de la rehabilitación convencional y los datos que arroje el sistema. Los siguientes diagramas que se pretende obtener para los requerimientos del sistema.

Este proyecto se encuentra en etapa de implementación es por ello que aún no se cuenta con resultados tangibles.

Diagramas de clases

Muestras las principales clases que tendrá el sistema: Médico, Paciente, Interfaz Diagnostico, y los atributos que contiene cada una y la relación que existe entre ellos.

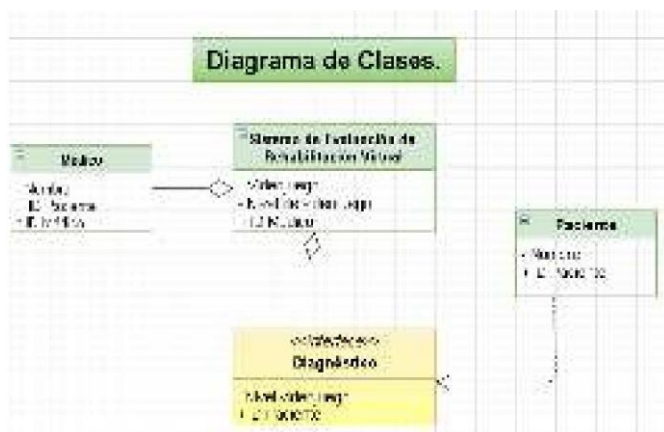


Figura 5. Diagrama de clases. Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de despliegue

Los Diagramas de Despliegue muestran las relaciones físicas de los distintos nodos que componen un sistema y el reparto de los componentes sobre dichos nodos. En este caso la PC, el Software y el Servidor Web.

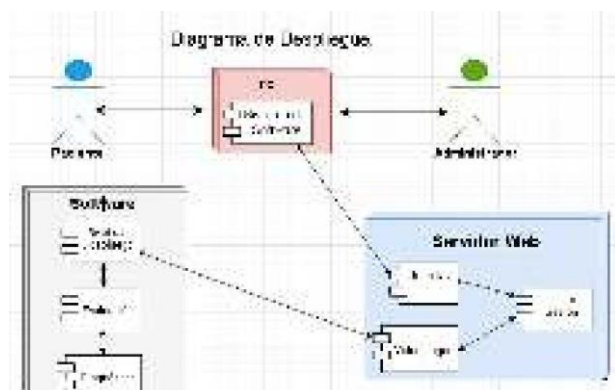


Figura 5. Diagrama de despliegue. Fuente: Elaboración propia.

Conclusión

La rehabilitación virtual evoluciona a la par con la tecnología, cada vez la medicina y los ingenieros tratan de adaptar los avances que ambos campos presentan para así poder integrarlos en sistemas virtuales y dispositivos que sean útiles para rehabilitar distintas partes de cuerpo de los pacientes afectados. El sistema tiene la intención de ser considerado un instrumento eficaz y eficiente en la evaluación y rehabilitación a distancia, se pretende apoyar a los jóvenes mediante rehabilitación virtual para

que puedan recuperar el funcionamiento motriz en el miembro superior.

Las terapias de rehabilitación virtual son una alternativa de complemento a las terapias tradicionales permitiendo que el paciente interactúe individualmente de acuerdo a sus necesidades. Estos procesos han demostrado el trabajo en conjunto entre los diferentes profesionales en el área de la Salud y en el área de la ingeniería para poder lograr una recuperación funcional de los pacientes que padecen de alguna discapacidad motriz. La realidad virtual en fusión con la utilización de dispositivos hápticos motiva al paciente y así incrementa la asistencia y consistencia en el proceso de rehabilitación, los pacientes muestran más interés a poder recuperar la movilidad en el miembro que presenta la discapacidad.

Artículo

Modernización Tecnológica y Desarrollo Regional

Foro de Estudios sobre Guerrero

Mayo 2021- Abril 2022 Vol.9 No.1 339-347

Referencias

Anny, C. R. (s.f.). Metodologías y Tecnologías Actuales para la construcción de Sistemas Multimedia. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2009c/587/Metodologias%20y%20Tecnologias%20Actuales%20para%20la%20construccion%20de%20Sistemas%20Multimedia.htm>

Discapacidad, C. N. (26 de Enero de 2018). Rehabilitación Virtual. Obtenido de <https://www.gob.mx/conadis/articulos/la-rehabilitacion-virtual?idiom=es>

ENADID. (02 de 12 de 2019). INEGI México. Recuperado el 24 de 06 de 2020, de Estadísticas a Propósito del día Internacional de las Personas con Discapacidad (3 de diciembre): https://www.inegi.org.mx/contenidos/sala-deprensa/aproposito/2020/EAP_Nino.pdf

Española, R. A. (2019). Definición de rehabilitación. Recuperado el 24 de Junio de 2020, de <https://dle.rae.es/rehabilitaci%C3%B3n>

Gómez B.Gabriel, Z. R. (s.f.). Incorporación de Agentes Inteligentes en Ambientes. Universidad EAFIT, Medellín – Colombia.

Martínez García, E. (12 de Diciembre de 2018). SALUD CANALES MAPFRE. Obtenido de <https://www.salud.mapfre.es/enfermedades/tecnologicas/videojuegos-para-la-rehabilitacion/>

Molina Ríos, J. R. (2018). COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EN APLICACIONES WEB. 3 Ciencias, 1 -19.

OMS, O. M. (16 de Enero de 2018). Discapacidad y salud. Recuperado el 23 de Junio de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/disability-and-health>

R. A. Española. (Noviembre 2015). Obtenido de [Online]: <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=rehabilitaciones>

R. SotoDe Giorgis, W. P. (2011). Propuesta de un modelo navegacional para el desarrollo de aplicaciónes basadas en OOADM. 1 - 10.

R.A.E. (2019). Real Academia Española. Recuperado el 24 de Mayo de 2020, de Definición de rehabilitación: <https://dle.rae.es/rehabilitaci%C3%B3n>

Salud, O. M. (16 de Enero de 2018). Discapacidad y salud. Recuperado el 23 de Junio de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/disability-and-health>

traumatología, B. d. (s.f.). Traumatología Hellín. Obtenido de Ejercicios de mano y muñeca: <https://traumatologiahellin.wordpress.com/ejercicios/ejercicios-de-mano-y-muneca/>

WHO. (2015). Worl Health Organization. [Online]. Obtenido de http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/170250/1/9789240694439_eng.pdf?ua=1&ua=1