



DISEÑO INTERDISCIPLINAR DE UN SISTEMA INCENTIVO RESPIRATORIO

Luis Fernando Torres, Manuel Valencia, Juan Carlos Martínez, Diana Riveros, Helberg Asencio, Andrés Navarro, David Baldeón, Erick Rueda, Valeria Pérez Hortúa, Julián Hernández, Diana Carolina Muñoz, Martín Quintero, Diana Carolina Sánchez, Tania Obando, Juan Camilo Vanegas, Jaime Aguilar

**Pontificia Universidad Javeriana
Cali, Colombia**

Esther Wilches

**Universidad del Valle
Cali, Colombia**

Resumen

La COVID-19 producida por el SARS-CoV-2 produce secuelas en la función pulmonar con mayor compromiso en las personas que han pasado por las unidades de cuidados intensivos y que han recibido soporte ventilatorio mecánico. La evidencia científica disponible a la fecha recomienda la fisioterapia respiratoria y entre las estrategias el inspirómetro de incentivo el cual ayuda a mantener y/o aumentar los volúmenes y capacidades pulmonares. En medio de la pandemia la fisioterapia respiratoria se realiza con acompañamiento del fisioterapeuta y se prescribe el uso del incentivo respiratorio como un complemento que ayuda a mantener el objetivo terapéutico de mejorar la expansión pulmonar. Las condiciones actuales de confinamiento requieren del uso de sistemas tecnológicos para seguimiento remoto de pacientes y, a su vez, la evaluación con datos cuantitativos de los resultados conseguidos por el paciente. Adicionalmente, los incentivos respiratorios disponibles en el mercado no garantizan ni la adherencia al tratamiento ni el seguimiento cuantitativo en tiempo real de los logros alcanzados. Se presenta el resultado de un proceso de diseño de un sistema incentivo respiratorio que favorece la realización de fisioterapia respiratoria para pacientes que requieran reexpansión pulmonar. El sistema se basa en la medición del flujo y volumen respiratorio, inspiración y espiración, dentro de un conjunto de fisioterapia prescrita por el fisioterapeuta. La aproximación del diseño es de manera interdisciplinar con

profesionales del área de la salud y de la ingeniería. El usuario, que en proyectos de salud corresponde al fisioterapeuta y al paciente, fue el punto de partida para el proceso de diseño. El sistema busca que el paciente se adhiera a la fisioterapia, el fisioterapeuta pueda prescribir y valorar la evolución del paciente a través de datos cuantitativos y que el proceso se haga de manera remota. Para el proceso de diseño se utilizan dos métodos, el design thinking y la teoría de Solución de Problemas Inventivos TRIZ. En la primera fase de investigación, se diseñó y construyó un sistema incentivo respiratorio gamificado que toma datos de inspiración y espiración del ejercicio de manera inalámbrica y requiere del uso de un computador donde se encuentra la aplicación de gamificación. En la actualidad, se desarrolla un sistema manos libres, con el uso de gamificación en un teléfono inteligente y con computación en la nube para que pacientes y fisioterapeutas puedan interactuar. Se concluye que la aproximación interdisciplinaria al diseño de productos con el trabajo de profesionales de la salud, la ingeniería y el diseño son una estrategia adecuada para manejar problemas de tipo complejo. El uso de métodos que acompañen el proceso de diseño permite proponer soluciones novedosas dado que acude tanto al conocimiento personal como al del desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Palabras clave: terapia respiratoria; investigación interdisciplinaria; videojuego

Abstract

COVID-19 caused by SARS-CoV-2 produces sequelae in lung function with greater compromise in people who have gone through intensive care units and who have received mechanical ventilatory support. The scientific evidence available to date recommends respiratory physiotherapy and, among the strategies, the incentive spirometer, which helps to maintain and / or increase lung volumes and capacities. In the midst of the pandemic, respiratory physiotherapy is carried out with the accompaniment of the physiotherapist and the use of the respiratory incentive is prescribed as a complement that helps maintain the therapeutic objective of improving lung expansion. The current confinement conditions require the use of technological systems for remote monitoring of patients and, in turn, the evaluation with quantitative data of the results achieved by the patient. Additionally, the respiratory incentives available on the market do not guarantee adherence to treatment or quantitative monitoring in real time of the achievements. The result of a design process of a respiratory incentive system that favors the performance of respiratory physiotherapy for patients requiring lung re-expansion is presented. The system is based on the measurement of respiratory flow and volume, inspiration and expiration, within a set of physiotherapy prescribed by the physiotherapist. The design approach is interdisciplinary with professionals from the health and engineering areas. The user, who in health projects corresponds to the physiotherapist and the patient, was the starting point for the design process. The system seeks that the patient adheres to physiotherapy, the physiotherapist can prescribe and assess the evolution of the patient through quantitative data and that the process is done remotely. For the design process, two methods are used, Design Thinking and TRIZ- Inventive Problem Solving Theory. In the first phase of research, a gamified respiratory incentive system was designed and built that takes inspiration and expiration data from exercise wirelessly and requires the use of a computer where the gamification application is located. Currently, a hands-free system is being developed, with the use of gamification on a smartphone and with cloud computing so that patients and physiotherapists can interact. It is



concluded that the interdisciplinary approach to product design with the intervention of health, engineering and design professionals is an adequate strategy to handle complex problems. The use of methods that accompany the design process allows proposing novel solutions given that it relies both on personal knowledge and on the development of science and technology.

Keywords: *respiratory therapy; interdisciplinary research; videogame*

1. Introducción

En diciembre del 2019 se inició en Wuhan (China) una epidemia de neumonía a la que se llamó COVID-19 y es causada por el Coronavirus SARS-CoV-2. Dicha epidemia fue declarada una pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 11 de marzo de 2020 dado que su extensión ocupaba más de 114 países y la mortalidad había superado los cuatro mil pacientes (Wilches,2020) Los síntomas de la infección pueden ser mínimos o llegar hasta una falla respiratoria severa con falla orgánica múltiple. Los reportes sobre los pacientes que desarrollan cuadros más severos de la enfermedad por COVID 19, y demandan manejo en UCI, indican que la edad promedio se encuentra alrededor de 62,6 años (95% IC, 60.4 – 64.7), el requerimiento de ventilación mecánica invasiva en 67,6% (95% IC, 59.1 – 75.7), la duración de la estancia en UCI 10,8 días (95% IC, 9.3 – 18.4) y en hospitalización 19,1 días (95% IC, 16.3 – 21.9) con tasas de mortalidad de 28,1% (95% IC, 23.4 -33.0) (Yuki,2020).

Las principales secuelas del Covid-19 son las alteraciones de la función y alteraciones pulmonares intersticiales que se presentan más allá del episodio agudo de la enfermedad. El principal síntoma que presentan los pacientes que evolucionan con secuelas, es la disnea o sensación de ahogo, que persiste después de la fase aguda. También, los pacientes pueden padecer otros síntomas como tos, dolor torácico u otros(Sibila, et al.,2020). Ante el compromiso de la función pulmonar post covid, identificado con la pérdida de volúmenes y capacidades pulmonares, las técnicas de re expansión pulmonar, entre las que se encuentra el incentivo respiratorio, están indicadas para mejorar: la función pulmonar y la excursión del diafragma (Alaparthi, et al., 2016); el desempeño en las actividades de la vida diaria y calidad de vida (Florencio, et al.,2019); la tolerancia al ejercicio(Kumar,et al.,2016) y mantener la fuerza de los músculos respiratorios (Gramns,et al., 2012).

El desarrollo de productos de apoyo para la salud es una necesidad que debe atenderse desde una mirada interdisciplinar. El diseño de productos con equipos interdisciplinarios centrado en el usuario se considera una estrategia adecuada para ampliar la visión del problema, realizar un análisis sistémico del problema, identificar las restricciones de un nuevo producto y ampliar el campo de búsqueda de las soluciones (Santos,2019). Se distinguen dos elementos importantes en el diseño de productos, uno es el producto creativo y el otro el proceso creativo. El proceso de diseño no es intuitivo y requiere de técnicas de apoyo para el proceso creativo y el proceso analítico del diseño (Suh,1991). En este sentido, el Design Thinking y la Teoría de Solución de Problemas Inventivos TRIZ son técnicas que aportan al proceso de diseño para la creación de nuevos productos. El Design Thinking contribuye a la aproximación centrada en el usuario, a la clarificación del problema y a la realización de prototipos ágiles que contribuyen al análisis del



problema y a la validación temprana de soluciones. Por su parte, TRIZ al estar soportada en la evolución de los productos, con base en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, contribuye al proceso de análisis sistémico del problema y a la síntesis del producto con el uso de principios inventivos para aplicar en diferente área como la salud (Santos,2019) (Duarte,et al.,2017).

En una revisión de patentes de productos de apoyo a los procesos de fisioterapia respiratoria en los últimos cinco años se encontró más de diez patentes asociadas con la inspirometría, algunas orientadas a la instrumentación (Incentive Spirometer,2016), (Digital inspirometer system, 2013), (Diagnostic and incentive spirometer, 2016), (Incentive Spirometer Cap,2017),(Incentive Spirometer. (2018), a la realización de la fisioterapia (Systems and methods,2019). y al seguimiento, que incluye instrumentación (Respiratory therapy instrument,2016), (Systems and methods for portable,2018),(Respiratory therapy device2018). Con las exigencias impuestas por la pandemia dadas las cualidades de alto contagio y la tendencia a la personalización de los productos, la telemedicina es una de las opciones para apoyo a los pacientes. La Organización Mundial de la Salud (OMS), declara la Telemedicina como: el suministro de servicios de atención sanitaria, por profesionales que apelan a las tecnologías de la información para el intercambio de datos en actividades de diagnóstico, tratamiento, prevención y evaluación con el fin de mejorar la condición del paciente (OPS,2016). La telemedicina se compone de 4 tipos; teleconsulta, teleeducación, tele monitoreo y la telecirugía (Todd, et al.,2017). Dentro de las ventajas de la telemedicina se encuentran: el acceso e intercambio de información médica, el acceso a la prestación de los servicios de salud, el mejor acompañamiento al paciente por parte de los profesionales de salud y la optimización de los recursos hospitalarios, entre otros. Actualmente, la incorporación de dispositivos, servidores de datos basados en la nube a través de la arquitectura de integración de la comunicación, incorpora dispositivos de bajo costo, bajo consumo energético y alto rendimiento que facilita el trabajo coordinado de un gran número de dispositivos que favorece la innovación en servicios de salud. Gracias a estos avances, emerge la llamada salud móvil (M-Salud) que aprovecha la masificación del uso de dispositivos móviles de comunicación como los teléfonos celulares y tabletas electrónicas para facilitar la interacción entre el paciente y el profesional de la salud en actividades de cuidado de la salud (Maksimovic,2015).

Unido a la atención remota a los pacientes, la adherencia a la fisioterapia es uno de los retos de los nuevos productos enfocados a la salud. La gamificación es una alternativa para favorecer la adherencia a la fisioterapia respiratoria frente a las prácticas (Rutkowski,2020). La gamificación se define como la aplicación de elementos y mecánicas de juego en entornos ajenos al juego o non-games activities que se enfoca en mejorar la experiencia y participación del usuario con servicios y aplicaciones (García,2020).Es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo-profesional con el fin de mejorar el compromiso y la motivación para obtener mejores resultados que posteriormente sirven para absorber conocimientos o mejorar alguna habilidad. Las actividades non-games son una forma de entretenimiento que no tiene un ganador o una conclusión real, anteriormente se usaba el término "juguete de software" con el mismo propósito. La principal diferencia entre los videojuegos y los non-games es la falta de metas, objetivos y desafíos estructurados, esto permite al jugador un mayor grado de autoexpresión a través del juego libre, ya que puede establecer sus propios objetivos para lograrlo (García,2020).



2. TRIZ en el proceso de diseño

TRIZ es un conjunto de técnicas orientadas al diseño de productos que se basan en la evolución de los sistemas técnicos. Esto significa que los productos son predecibles en cuanto a su desarrollo y el papel del diseñador consiste en identificar esa línea de evolución a partir de un análisis del problema centrado en el usuario. El uso de TRIZ para el diseño de un producto requiere definir inicialmente el problema que se desea solucionar, identificar al usuario del producto y la elección de un producto que atienda en la actualidad la solución del problema, así sea de manera parcial. En el diseño de productos en el área de la salud, el usuario está representado por dos personas, el paciente que tiene la enfermedad y usará el producto, y el profesional de la salud que conoce cómo tratar la enfermedad. Seguidamente, se debe plantear la Función Principal del producto que es la acción principal que realiza el producto y posteriormente, se debe hacer un análisis sistémico del problema con el propósito de evidenciar la complejidad del problema a nivel organizativo, desde las partes al contexto, y en una visión temporal evolutiva del pasado hacia el futuro para reconocer y proponer atributos ideales del producto en el futuro. La técnica para el análisis del problema se denomina Nueve Ventanas y su objetivo final consiste en definir unos atributos ideales del sistema para la concepción del nuevo producto.

Para la fase de síntesis del producto, o sea la materialización de este, se acude a otra técnica de TRIZ denominada la Matriz de Contradicciones. Las contradicciones surgen a partir de la imposibilidad de obtener los atributos ideales de un producto a partir del sistema actual que fue considerado para evolucionar. Los atributos ideales del producto son el origen de los requerimientos del producto. TRIZ brinda un conjunto de Parámetros para describir de manera técnica las contradicciones y sugiere un conjunto de Principios para encontrar la solución que puede aplicarse al problema particular. Existen 39 Parámetros para describir las contradicciones y 40 principios de evolución.

3. El Design Thinking en el proceso de diseño

Con el *Design Thinking* se trabajan la innovación que está centrada en el usuario, la resolución de problemas creativos, la experimentación y la iteración, como grandes aportes metodológicos para el co-desarrollo (Bjorklund, 2019) en donde equipos multidisciplinares, después de haber hecho una comprensión profunda del problema y una definición de un foco de intervención, atraviesan de manera iterativa fases como la redefinición del problema o establecimiento del reto de diseño; el desarrollo o prototipado de soluciones potenciales; la validación de dichas soluciones, contrastándolas con hipótesis sobre el usuario previamente elaboradas, en un proceso cíclico que se repite hasta que el equipo define que está listo para sintetizar en una solución concreta. El *Design Thinking* ha popularizado las formas de aproximarse a un problema, las herramientas y los métodos que tradicionalmente usaban solo los diseñadores, hacia un uso abierto a la interacción entre disciplinas, convirtiéndose en un “lenguaje común” que permite a los desarrolladores una estructura comunicativa y procedimental (Michell, et al.,2019)



4. Método

El artículo está orientado a la presentación de resultados preliminares de procesos de investigación en diseño de un nuevo producto incentivo respiratorio que acompañe el proceso de fisioterapia respiratoria de manera remota. El proyecto cuenta con dos fases, la primera fue el diseño de un prototipo para pacientes en cuidados posoperatorios que no requieren aislamiento con el uso de TRIZ y el segundo está orientado a pacientes que ha pasado por unidades de cuidados intensivos debido a la COVID-19 que requieren para su fisioterapia, poco contacto con otras personas y atención remota del fisioterapeuta con el uso sinérgico de TRIZ y el Design Thinking. En ambas fases del proyecto, el diseño del nuevo producto busca favorecer la adherencia del paciente a la fisioterapia, tener información cuantitativa para evidenciar la evolución del paciente en la reexpansión pulmonar y mantener información almacenada de los pacientes que atiende el fisioterapeuta.

Primera fase del proyecto. Sistema Incentivo respiratorio local con el uso de TRIZ: 1. Conformación del equipo de trabajo; 2. Análisis sistémico del problema con el uso de TRIZ; 3. Determinación de requerimientos del producto; 4. Síntesis del producto; 5 Evaluación.

Segunda fase del proyecto. Sistema Incentivo Respiratorio con prescripción y seguimiento remota para pacientes post COVID-19 con el uso sinérgico de TRIZ y Design Thinking: 1. Conformación del equipo de diseño; 2. Análisis Sistémico del problema con TRIZ; 3. Prototipado rápido con Design Thinking; 4. Determinación de requerimientos del producto; 5. Síntesis del producto; 6. Evaluación con usuarios sin limitación

5. Resultados

Primera fase – Sistema Incentivo Respiratorio Local con TRIZ.

1. Conformación del equipo de trabajo: fisioterapeuta respiratoria, estudiante de ingeniería electrónica, ingeniero electricista
2. Análisis sistémico del problema para determinar requerimientos del producto con el uso de TRIZ
 - a. Definición del problema: La terapia respiratoria requiere de un sistema que permita motivar al paciente en cuidados post operatorios para que realice su terapia y le brinde información de su desempeño tanto a él como al fisioterapeuta.
 - b. Función Principal: Llevar aire a los pulmones voluntariamente
 - c. Análisis Sistémico del Problema. La Tabla 1 muestra de manera gráfica el análisis sistémico del problema. Se inicia con la ventana uno correspondiente al sistema presente, luego la ventana 2 correspondiente al supersistema presente o contexto y se finaliza, para el presente, con la ventana tres del subsistema. Se hace lo propio para el pasado, ventanas cuatro, cinco y seis. Finalmente. se proyecta el contexto futuro, ventana siete, la tendencia del subsistema ventana ocho y se culmina con los atributos futuros del sistema en la ventana nueve.



Los atributos ideales de la ventana nueve que se determinaron fueron: Dispositivo incentivo que registre el flujo y volumen inspirado; Sistema de realimentación para motivar al paciente que tenga integrado los patrones de los ejercicios de la fisioterapia respiratoria; Capacidad del dispositivo de exportar información de lo realizado por el paciente; Equipo portable con uso de tecnología de placa reducida; Interfaz gráfica fácil de usar; Sistema Inalámbrico entre la medida y la realimentación.

5. Contaminación ambiental que afecta sistema respiratorio.	2. Producción de médicos en línea.	7. Casas herméticas con filtros de aire.
4. Medidores de flujo espiratorio máximo.	1. Los inspirómetros convencionales de tres esferas (Triflo).	9. Paciente motivado e informado y fisioterapeuta con seguimiento de su tratamiento a través gráficas de desempeño.
6. Dispositivos con fuelles y medidores analógicos.	3. Entorno digital con la integración de microprocesadores y sensores de presión diferencial.	8. Comunicación inalámbrica entre dos sistemas, un equipo de medición y uno de cómputo.

Tabla.1. Análisis de nueve ventanas primera fase del proyecto

3. Determinación de los requerimientos del producto. A partir de los atributos ideales se formularon los siguientes requerimientos funcionales:
 - a. Calcular de forma autónoma las variables de la respiración con el ejercicio respiratorio.
 - b. Transmitir, recibir y mostrar datos del ejercicio.
 - c. Guardar información para tener un historial.
 - d. Tomar el flujo inspirado en cualquier posición del paciente.

4. Síntesis del producto

Se hizo uso de los principios que sugiere la Matriz de Contradicciones a partir de las contradicciones que resultan de la comparación de los atributos ideales de la ventana nueve y las cualidades del sistema actual en la ventana uno. Con cada requerimiento se hace uso de la Matriz de Contradicciones de TRIZ y se diseñan o seleccionan los dispositivos para la solución. La Figura 1 muestra el sistema propuesto.



Figura 1. Síntesis de la Fase 1 del producto: Hardware, gamificación y reporte.

5. Evaluación. Se realizaron pruebas de funcionalidad del producto con personas sin limitación física.

Segunda fase del proyecto - Sistema Incentivo Respiratorio con prescripción y seguimiento remoto para pacientes post COVID-19

1. Conformación del equipo de diseño



Fisioterapeutas respiratorias, Ingenieros electrónicos, Ingenieros de sistemas, Biólogo, Diseñador Industrial, Diseñador de la comunicación visual e Ingenieros electricistas.

2. Análisis Sistémico del problema con TRIZ

- a. Problema. Las personas con secuelas de COVID-19 requieren fisioterapia respiratoria en casa para favorecer la reexpansión pulmonar.
- b. Función principal. Indicar el flujo de inspiración del paciente que realiza un ejercicio respiratorio para incentivar la adherencia a la fisioterapia de reexpansión pulmonar.
- c. Análisis sistémico del problema. La Tabla 2 muestra el análisis sistémico del problema:

5. Polución ambiental industrial.	2. Objetivos de desarrollo sostenible con énfasis en salud y bienestar	7. La construcción ideal de un mundo sin polución y sano, con aire limpio y naturaleza.
4. Inspirómetro de tres esferas (triflo)	1. Sistema incentivo respiratorio local con video juego.	9. Sistema incentivo respiratorio, que permita realizar los ejercicios de terapia y tener un seguimiento del desempeño de manera inalámbrica, a través del teléfono celular, involucrando el fisioterapeuta con el paciente.
6. turbinas mecánicas y mediciones analógicas.	3. Circuitos <u>microcontrolados</u> , sensores de flujo piezoeléctricos e internet de las cosas.	8. Internet de las Cosas y computación en la nube proponiendo un mundo interconectado.

Tabla.2 Análisis de nueve ventanas segunda fase del proyecto

Los atributos ideales identificados son los siguientes: Permitir al profesional de salud visualizar los resultados del paciente; Indicar por medio de señales auditivas o visuales, los logros del paciente durante el desarrollo de cada fisioterapia; Desarrollar un sistema que sea ergonómico para todo tipo de paciente. Motivar al paciente en la realización de las fisioterapias; Esterilizar para reutilizar; Sin necesidad de realizar calibración en diferentes ambientes; Fácil uso para el usuario, con una interfaz amigable. Brindar información del desempeño de la fisioterapia al fisioterapeuta y al paciente a través de la internet. (Conexión remota, Dispositivo IoT); No invasivo.; Versatilidad en la medida que sea posible su funcionamiento en equipos con baja capacidad tecnológica; principalmente en el lado del paciente.; Que mida el flujo y volumen inspirado como espirado



3. Prototipado rápido con Design Thinking. A partir de unos principios arrojados por el trabajo con contradicciones TRIZ, se trabajó de manera interdisciplinar en la proposición de ideas, cuya pertinencia sólo fue posible validar una vez fueran desarrollados los prototipos para cada uno de los requerimientos funcionales del sistema, de la siguiente manera: a) Sistema de instrumentación para la medida de flujo y volumen inspirado/espirado utilizando LabView con protagonismo de la disciplina de Instrumentación. b) Sistema de soporte del sistema inspirómetro de manos libres, en donde ingenieros mecánicos y diseñadores construyeron en papel y otros materiales sencillos mecanismos de sujeción al paciente. c) Descripción de los ejercicios de fisioterapia respiratoria, en la que fisioterapeutas e ingenieros desarrollaron prototipos de protocolos e instructivos. d) Estrategia para el acompañamiento a los ejercicios de fisioterapias respiratorias, en la que ingenieros, diseñadores y psicólogos iteraron el prototipo de un software gamificado que comunique al usuario sobre su desempeño. e) Arquitectura de software que fisioterapeutas e ingenieros prototiparon para el proceso de telemedicina. La Figura 2 muestra una visión general del trabajo hasta el momento.

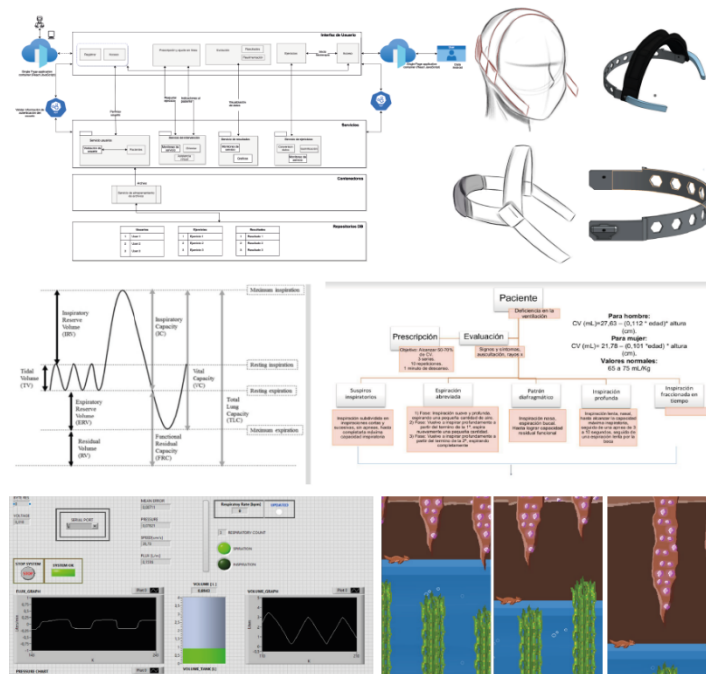


Figura 2. Diagrama general de la segunda fase del proyecto: Estructura de software, sistema manos libres, caracterización de fisioterapia, instrumentación y video juego,

6. Conclusiones

Los productos de apoyo para procesos de acompañamiento remoto de fisioterapia respiratoria son una alternativa para ampliación de cobertura, disminución de contagios, economía en el transporte del paciente, y abre las puertas a la realización de estudios clínicos para valorar el potencial de este uso de la tecnología para procesos de recuperación.



El Design Thinking permitió la proposición de prototipos ágiles de arquitectura de software, instrumentación y videojuegos que favoreció la comunicación entre las disciplinas lo cual complementó con TRIZ dentro de la estructuración del proceso de diseño.

El trabajo interdisciplinar acompañado con técnicas estructuradas de innovación permite explorar nuevas alternativas que aborden de manera integral las soluciones que se materializarán en productos pertinentes para la atención de las necesidades de la fisioterapia respiratoria.

7. Referencias

Artículos de revista

- Alaparthi, G., Augustine, A., Anand, R., & Mahale, A. (2016). Comparison of Diaphragmatic Breathing Exercise, Volume and Flow Incentive Spirometry, on Diaphragm Excursion and Pulmonary Function in Patients Undergoing Laparoscopic Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Minimally Invasive Surgery*, 2016, pp. 1-12. doi: 10.1155/2016/1967532
- AVF Santos, LA Licursi, MF Amaral, A Cavalcanti and ZC Silveira. User-centered design of a customized assistive device to support feeding.(2019) *Procedia CIRP*, vol. 84, pp. 743-748
- Bjorklund, T. (2019). The changing role of design. *Design+*, pp.11-17.
- Florêncio, R., Aliverti, A., Fagundes, M., Batista, I., da Nóbrega, A., Resqueti, V., & Fregonezi, G. (2019). Acute effects of three pulmonary reexpansion modalities on thoracoabdominal motion of healthy subjects: Randomized crossover study. *PLOS ONE*, Vol.14, No.3, e0213773. doi: 10.1371/journal.pone.0213773
- Grams, S., Ono, L., Noronha, M., Schivinski, C., & Paulin, E. (2012). Breathing exercises in upper abdominal surgery: a systematic review and meta-analysis. *Brazilian Journal Of Physical Therapy*, Vol.16, No.5, pp. 345-353. doi: 10.1590/s1413-35552012005000052
- Kumar, A. S., Alaparthi, G. K., Augustine, A. J., Pazhyaottayil, Z. C., Ramakrishna, A., & Krishnakumar, S. K. (2016). Comparison of Flow and Volume Incentive Spirometry on Pulmonary Function and Exercise Tolerance in Open Abdominal Surgery: A Randomized Clinical Trial. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, vol.10, No.1, pp. KC01-KC6. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/16164.7064>
- O. P. F. García, (2020) "An architecture for software engineering gamification" *IEEE, ieeexplore*, Vol.25, No.6. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9087817>.
- P. Micheli, S.J. Wilner, S.H. Bhatti, M. Mura & M.B. Beverland (2019). Doing design thinking: Conceptual review, synthesis and research agenda. *Journal of Product Innovation Management*, Vol.36, No.2, pp. 124-128.
- Respiratory therapy instrument offering game-based incentives, training, and telemetry collection. (2016). Estados unidos.
- Ricardo Duarte, Michel Mesnard, Jean-Pierre Nadeau. An innovative design approach to develop external articular medical devices.(2017).*International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, Vo.11,pp.375–383
- Rutkowski, S., Rutkowska, A., Kiper, P., Jastrzebski, D., Rachenik, H., Turolla, A., Szczegieliński, J., & Casaburi, R. (2020). Virtual Reality Rehabilitation in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Randomized Controlled Trial. *International journal of chronic obstructive pulmonary disease*, 15, 117–124. <https://doi.org/10.2147/COPD.S223592>
- Sibila, O., Molina-Molina, M., Valenzuela, C., Ríos-Cortés, A., Arbillaga-Etxarri, A., & Torralba García, Y. et al. (2020). Documento de consenso de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía



- Torácica (SEPAR) para el seguimiento clínico post-COVID-19. *Open Respiratory Archives*, Vol. 2, No.4, pp. 278-283. doi: 10.1016/j.opresp.2020.09.002
- Todd, C. S., Mills, S. J., & Innes, A. L. 2017, "Electronic health, telemedicine, and new paradigms for training and care," *Current opinion in HIV and AIDS*, Vol.12, No.5, pp. 475–487. doi: 10.1097/COH.0000000000000402.
 - Wilches-Luna EC. (2020) Reflexiones sobre el Síndrome de Cuidados Post-Intensivos en los pacientes que sobreviven al COVID-19 y el papel de los fisioterapeutas. *Salutem Scientia Spiritus*, Vol. 6, No.1, pp.63-66.
 - Yuki, K., Fujiogi, M., & Koutsogiannaki, S. (2020). COVID-19 pathophysiology: A review. *Clinical immunology (Orlando, Fla.)*, 215, 108427. <https://doi.org/10.1016/j.clim.2020.108427>

Libro

- P Suh, N. (1991). *The principles of design* (6th ed.). Oxford: Oxford University Press on Demand.

Memoria de congresos

- M. Maksimovic, Perisic, "A custom internet of things healthcare system," 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CSTI)

Fuentes electrónicas

- Diagnostic and incentive spirometer using smartphone application. (2016). Corea del sur.
- Digital inspirometer system. (2013). estados unidos.
- Incentive Spirometer and Musical Instrument. (2016). Estados unidos.
- Incentive Spirometer Cap. (2017). Estados unidos.
- Incentive Spirometer. (2018). Estados unidos.
- Organización Panamericana de la Salud, (2016) "Marco de implementación de un servicio de telemedicina;" Organización Mundial de la Salud, Cat. 4 Health Systems
- Respiratory therapy device and system with integrated gaming capabilities and method of using the same. (2018). Estados Unidos.
- Systems and methods for portable monitoring of incentive spirometry. (2018). Estados unidos.

Sobre los autores

- **Jaime Aguilar**, Profesor ingeniería, jaguilar@javerianacali.edu.co
- **Luis Fernando Torres**, Ingeniero Electrónico, luisf_torres860@hotmail.com
- **Manuel Valencia**, Profesor ingeniería, mvalencia@javerianacali.edu.co
- **Esther Wilches**, Profesor fisioterapia, esther.wilches@correounivalle.edu.co
- **Juan Carlos Martínez**, Profesor ingeniería juancmartinez@javerianacali.edu.co
- **Diana Riveros**, directora Centro de Innovación y Emprendimiento, drriveros@javerianacali.edu.co
- **Helberg Asencio**, Profesor Salud, hasantofimio@javerianacali.edu.co
- **Andrés Navarro**, Profesor ingeniería anavarro@javerianacali.edu.co
- **David Baldeón**, Profesor psicología, David.Baldeon@javerianacali.edu.co
- **Erick Rueda**, Estudiante diseño, erickjrueda@javerianacali.edu.co
- **Valeria Pérez Hortúa**, Estudiante fisioterapia, perez.valeria@correounivalle.edu.co



- **Julián Hernández**, Estudiante ingeniería, juliandres@javerianacali.edu.co
- **Diana Carolina Muñoz**, Estudiante maestría de Ingeniería, dicarolay27@javerianacali.edu.co
- **Martín Quintero**, Estudiante ingeniería, mquintero10@javerianacali.edu.co
- **Diana Carolina Sánchez**, Estudiante Ingeniería, icarolay27@javerianacali.edu.co
- **Tania Obando**, Estudiante Ingeniería, 1998tcos@javerianacali.edu.co
- **Juan Camilo Vanegas**, Estudiante Ingeniería, juanlink@javerianacali.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

