

Tema A5 Educación en Ingeniería Mecánica: Trabajo colaborativo en el diseño de productos

“Metodología para desarrollar un dispositivo para ejercitar las habilidades motrices finas”

Carolina Castro Alarcón^{a*}, Jessica Daniela Vega Bello^b, Vicente Borja^a, Alejandro C. Ramírez-Reivich^a, Yesica Escalera Matamoros^b, Arturo Treviño Arizmendi^b, José Luis Jiménez Corona^c

^aUniversidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Centro de Diseño Mecánico e Innovación CDMIT, Av. Universidad #3000, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, México

^bUniversidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura, Centro de Investigaciones de Diseño Industrial CIDI, Av. Universidad #3000, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, México

^cUniversidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, Departamento de cirugía, Av. Universidad #3000, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, México

*Autor contacto. Dirección de correo electrónico: castro.carolina19@gmail.com

RESUMEN

En diversas áreas de aprendizaje y campos profesionales, es necesario contar tanto con conocimientos teóricos como prácticos, por lo que la necesidad de tener habilidades manuales es indispensable. Para ello se debe contar con un buen desarrollo de habilidades motoras finas y gruesas. Las habilidades motoras se desarrollan desde una edad temprana, y a lo largo de la vida adulta es necesario seguir ejercitándolas para tener un buen desempeño.

En este artículo se plantea una metodología para desarrollar un dispositivo que permita ejercitar las habilidades motrices finas, con el fin de realizar movimientos pequeños y precisos con mayor eficacia, ya que esto es sumamente importante en campos como la ingeniería, medicina, diseño, música, arte, entre otros.

Palabras Clave: Motricidad fina, Diseño centrado en el usuario, Visoespacial, Mecanismo, Entrenador, Lúdico.

ABSTRACT

In many learning areas and professional fields, it is necessary to have theoretical and practical knowledge, that is why it is indispensable to have manual skills. People should have good fine and gross motor skills, because this directly influences their life and professional performance. The motor skills are developed at an early age, but it is necessary to keep practicing and exercising them along our lives to have a better performance on our activities.

This paper presents a methodology to develop a device that allows people to exercise their fine motor skills, to be able to make small and precise movements efficiently. This is very important on professional fields like engineering, medicine, design, music, art, among others.

Keywords: fine motor skills, user-centered design, visuospatial, mechanics, trainer, playful.

1. Introducción

En la actualidad México se encuentra en constante cambio para adaptarse al mundo globalizado. Es por lo que es indispensable contar con personal especializado, en los diferentes campos laborales. En el área de la ingeniería, por ejemplo, la realización de ciertas actividades especializadas requiere tanto de conocimientos teóricos y prácticos, como de habilidades manuales, y lo mismo sucede con otros campos como la arquitectura, la medicina, el diseño, etc.

Las destrezas manuales dependen directamente de las habilidades motoras finas y gruesas. Las cuales se desarrollan durante los primeros años de vida siendo de suma importancia ya que influyen en cómo los infantes se desenvuelven en su entorno y en sus procesos de aprendizaje. Lo que puede generar repercusiones en su vida adulta. [1]

Una vez que se llega a la edad adulta es importante ejercitar las habilidades motoras, la motricidad fina en específico permite realizar movimientos pequeños y de precisión. Al ejercitar las habilidades motrices finas el

cerebro realiza una serie de conexiones que son de suma importancia para un mejor aprendizaje, una mayor retención de información y un aumento en la capacidad de concentración.

Por otro lado, existen actividades especializadas en diversas profesiones que requieren de habilidades manuales, capacidad de ejecutar movimientos pequeños y precisos, además de conocimientos especializados. En el campo de la ingeniería, ejemplo de este tipo de actividades son el armado y mantenimiento de sistemas mecatrónicos, el ensamble y reparación de máquinas y equipo especializado. Es por lo anterior que, los autores de este artículo desarrollaron un dispositivo que permita ejercitar las mismas de manera gradual, con el fin de poder realizar movimientos pequeños y precisos con mayor eficacia.

El artículo se encuentra dividido en 4 secciones, en la primera se muestra una introducción sobre el tema que abordará el artículo, en la segunda sección se encuentran los antecedentes del proyecto que dieron lugar al planteamiento de la metodología de diseño, en la tercera sección se describe la metodología de diseño desarrollada y por último en la cuarta sección se presenta un caso de estudio, donde se demuestra cómo es aplicada la metodología desarrollada, paso por paso en un caso práctico con estudiantes de segundo año de la carrera de Médico Cirujano en la UNAM.

2. Antecedentes

El equipo conformado por estudiantes del Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT) de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI) de la Facultad de Arquitectura de la UNAM; realizaron un proyecto de desarrollo tecnológico cuya finalidad era mejorar el aprendizaje de los estudiantes de segundo año de la carrera de Medicina que cursan la materia de “Introducción a la cirugía”. Esto utilizando un proceso de Diseño Centrado en el Usuario. Así, mediante la observación de usuarios se identificaron áreas de oportunidad para desarrollar un producto que cumpliera el fin del proyecto.

A través de la investigación y recopilación de información, se propuso en primera instancia desarrollar un simulador médico de bajo costo. Por ello se realizaron pruebas y modelos de función crítica que fueron evaluados por estudiantes y profesores. Con base en los resultados obtenidos, se concluyó que lo realmente importante para mejorar el aprendizaje y aprovechamiento de la materia no era un simulador médico. En la actualidad existe una gran variedad de simuladores médicos para el aprendizaje que, a pesar de ser funcionales, no logran captar la atención de los usuarios y no generan la empatía necesarios al utilizarlos, aspectos identificados como fundamentales para realmente contribuir al aprendizaje. Por lo anterior, se buscaron alternativas diferentes a un simulador.

Durante esta etapa, se realizaron pruebas de precisión tales como pruebas de sutura y una adaptación de la prueba de destreza con pequeños objetos de Crawford (prueba CSPDT o Crawford). La prueba Crawford consta de dos partes: la prueba 'Pins and Collars' y la prueba 'Screws'. La prueba “Pins y Collars” consiste en que los usuarios utilizan pinzas para colocar pasadores en un tablero con orificios para posteriormente poner collares con pestañas sobre ellos. La prueba “Screw” consiste en que los usuarios toman tornillos personalizados con la mano y los atornillan en agujeros roscados. Luego se usa un destornillador de cabeza plana para atornillarlos hasta que los hilos se desenganchen y caigan en una bandeja que se encuentra en la parte inferior. El tablero perforado se distribuye en diferentes secciones para cada prueba. Cada sección tiene una distribución de agujeros de seis filas con seis columnas, adicionalmente incluye una fila de práctica que tiene seis agujeros disponibles. La puntuación de la prueba es el tiempo necesario para completar 36 acciones efectivas en cada prueba, también se registró la cantidad de partes descartadas, aunque esto no forma parte de la puntuación estándar [2].

Como se mencionó en esta etapa se realizó una variante de la prueba Crawford a estudiantes de los primeros, intermedios y últimos semestres, de la carrera de médico cirujano. Aquellos estudiantes que mostraron un mejor desempeño en dichas pruebas fueron entrevistados de nuevo. Al realizar esto se observó que todos ellos tenían algo en común; aquellos estudiantes que realizaban un deporte o tocaban algún instrumento musical obtuvieron los mejores resultados en las diferentes pruebas. Luego de contemplar diversas razones, se concluyó que lo que tienen en común estos estudiantes es que poseen un mayor desarrollo de sus habilidades motrices finas. Por lo anterior, se decidió diseñar un dispositivo que ejercitara las habilidades motrices finas y viso-espaciales de los estudiantes de manera lúdica, para lograr atraer su atención y evitar que pierdan el interés rápidamente. Dicho dispositivo tenía el objetivo principal de mejorar el desempeño de los alumnos de la asignatura de “Introducción a la cirugía”, pero se identificó que tendría un impacto positivo a lo largo de su carrera profesional.

2.1 Introducción a la Cirugía

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) imparte la Carrera de Médico Cirujano, la cual tiene como propósito generar profesionistas capaces que cuenten con aptitudes, conocimientos, habilidades, valores éticos y destrezas necesarias para responder a las necesidades de salud en beneficio del ser humano [3].

Para lograr esto los estudiantes son capacitados durante 6 años, en el desarrollo de habilidades propias de la vida profesional de un médico. Como parte de su formación durante su segundo año, los alumnos deben cursar la asignatura que lleva por nombre “Introducción a la cirugía”. Ésta cuenta con un total de 136 horas, distribuidos en 34 semanas, con 2 horas de teoría y 2 horas de trabajo práctico

a la semana. El flujo de alumnos por año para la materia es de 1200 alumnos.

El proyecto de desarrollo del dispositivo para mejorar las habilidades manuales realizado por los autores se centra en la parte práctica de la materia “Introducción a la cirugía”.

2.2 Diseño Centrado en el Usuario

Durante la realización del proyecto se utilizó la metodología de Diseño Centrado en el Usuario (DCU), la cual tiene como objetivo la resolución de problemas haciendo especial énfasis en conocer y comprender las necesidades del usuario, y tomarlo en cuenta durante todo el proceso de diseño, en algunas ocasiones se involucra directamente al usuario en el proceso de diseño [4].

La metodología está compuesta por un ciclo de cinco pasos, que deben ser realizados de manera iterativa hasta converger en una solución que logre satisfacer las necesidades del usuario. En la Fig. 1. se muestran los pasos que comprenden el ciclo del diseño centrado en el usuario.



Figura 1- Metodología de Diseño Centrado en el Usuario.

2.3. La mano y sus movimientos

La mano es una estructura anatómica compleja que involucra a su vez un sistema biomecánico preciso y complejo también. El que permite ejercer la fuerza necesaria para realizar actividades de la vida cotidiana, además mediante la coordinación de los dedos se pueden realizar movimientos de prensión y tareas motoras finas.

La mano está compuesta por 27 huesos, 20 articulaciones y 30 músculos, por lo que en un área tan pequeña convergen tejidos blandos y duros al mismo tiempo, los cuales realizan principalmente 2 funciones, la prensión y el tacto, para nuestro caso de estudio decidimos enfocarnos en los movimientos de prensión que son movimientos característicos de la motricidad fina.

Existen varios tipos de prensión que se clasifican en 3 grupos, cada uno con características específicas: **Presas de precisión o pinzas, Presas con gravedad y Presas de acción** [5]. Para ejercitar la motricidad fina en estudiantes de medicina, se tomaron en cuenta las presas de precisión con sus respectivas subcategorías, así como las presas de acción. Estas presas fueron observadas en una demostración realizada por un médico graduado de la Facultad de Medicina de la UNAM. El análisis de movimientos del

médico se basó en la demostración de procesos quirúrgicos básicos, que incluyó la colocación de guantes y navaja del bisturí, corte, separación, tracción, succión, disección y sutura.

3. Metodología para el desarrollo de un dispositivo que ejercita las habilidades motrices finas

En el presente trabajo se han descrito ciertos factores que un estudiante de Medicina, específicamente en la UNAM, debe de cumplir para tener cualidades de un buen médico. Así como las principales conclusiones a las que se llegaron al observar a los estudiantes y sus necesidades, siendo la más importante la de ejercitar las habilidades motrices. En esta parte del documento se presentará una metodología para desarrollar un dispositivo que permita ejercitar dichas habilidades motrices finas de los estudiantes de medicina. Sin embargo, la metodología que se expone puede ser aplicada a otra área del conocimiento, y ser aprovechada para cualquier otra profesión que requiera del uso de habilidades manuales precisas.

La metodología mencionada consta de los siguientes pasos [6]:

- **Investigación:** Búsqueda exhaustiva de información relevante para el desarrollo de la propuesta en diferentes fuentes de información como bases de datos, productos existentes en el mercado, patentes, etc.
- **Observación e identificación de movimientos:** Observación del entorno que rodea al individuo con la finalidad de comprender sus necesidades y requerimientos, así como los movimientos de la mano predominantes al realizar actividades propias de su profesión.
- **Generación de ideas:** Propuestas de solución por medio de bocetaje y/o modelado virtual tomando en cuenta los factores funcionales del dispositivo.
- **Modelos de función crítica:** Materialización de ideas generadas con base en los conocimientos adquiridos en los puntos anteriores, estos deben ser modelos funcionales que permitan la emulación de los movimientos seleccionados.
- **Pruebas con usuarios:** Las diferentes alternativas de solución se prueban con el usuario, con la finalidad de conocer su punto de vista respecto al dispositivo, su usabilidad y funcionalidad, así como observa y comprobar que los movimientos deseados son realizados.
- **Evaluación y selección:** Se evalúa la viabilidad y funcionalidad de cada una de las alternativas de solución

con la finalidad de seleccionar la que mejor cumpla con los objetivos.

- **Diseño y prototipado:** Se plantea el diseño con características específicas, considerando factores ergonómicos y funcionales, dimensiones, materiales, peso, procesos de producción, etc.; y se construye.
- **Validación del dispositivo:** Prueba del prototipo con el usuario, con la finalidad de comprobar que cumpla con las consideraciones planteadas.

4. Caso de estudio

La Metodología Diseño Centrado en el Usuario (DCU) fue empleada por los autores para mejorar el aprovechamiento académico de los alumnos de segundo año de medicina que cursan la materia de "Introducción a la Cirugía". Como resultado de ello se estableció como objetivo, *desarrollar un dispositivo que permita ejercitar las habilidades motrices finas, la agilidad manual y las habilidades visoespaciales de los estudiantes de la Facultad de Medicina, de manera lúdica y gradual*. Posteriormente se utilizó la metodología descrita en el apartado 3, para el diseño de un dispositivo que cumpliera con el objetivo establecido.

4.1 Investigación

Se realizó una investigación amplia sobre los conceptos de motricidad fina y gruesa, agilidad, habilidades visoespaciales, técnicas de rehabilitación y biomecánica de la mano. También se hizo un estudio comparativo. Todo esto con la finalidad de comprender el funcionamiento de la mano, los tipos de aprendizaje que se pueden abarcar, los productos existentes en el mercado, así como la repercusión en la vida cotidiana y profesional de un buen desarrollo de las habilidades motoras.

4.2. Observación e identificación de movimientos

Mediante una demostración realizada por el personal de la Facultad de Medicina sobre los pasos necesarios para realizar un procedimiento quirúrgico básico, así como la sujeción del instrumental básico necesario en el mismo, de donde se identificaron los movimientos de la mano utilizados en estos procesos, para posteriormente jerarquizar los movimientos con la finalidad de tomar en cuenta los predominantes y que implican un buen desarrollo de motricidad fina.

4.3. Generación de ideas

Se comenzaron a generar ideas buscando desarrollar un producto dinámico y portable, intuitivo y entretenido, que permita manipular el objeto con ambas manos al mismo tiempo y que fomentaran la relación mano-ojo mediante un juego de coordinación. En la fig. 2 se presentan las propuestas 1 y 2.



Figura 2. De lado izquierdo propuesta 1 y de lado derecho propuesta 2.

4.4. Modelos de función crítica

Se realizaron modelos de función crítica tomando en cuenta los movimientos y sujeciones previamente observados, los modelos realizados se pueden apreciar en la figura 3.



Figura 3. Modelos de función crítica realizados.

4.5. Pruebas con usuarios

Los modelos de función crítica fueron probados con usuarios con el fin de conocer su opinión respecto a la funcionalidad y usabilidad de cada uno de ellos. Así mismo se comprobó que los modelos permitieran la realización de los movimientos establecidos sin comprometer la seguridad del usuario.

4.6. Evaluación y selección

Para la selección del diseño final fue necesario corroborar la viabilidad de funcionamiento de los modelos de acción crítica, considerando la mecánica, la posible colocación de los dispositivos electrónicos, áreas de ventilación y considerar las áreas de contacto y sujeción, con la finalidad de comprobar el funcionamiento correcto de los dispositivos planteados.

4.7. Diseño y prototipado

Con base en las observaciones realizadas en los pasos anteriores analizando cada una de las posibles soluciones se procedió a realizar el diseño de detalle y prototipo final. Esta etapa se encuentra en desarrollo al momento de escribir este artículo

4.8. Validación del dispositivo

La validación con los usuarios se realizará al concluir el proceso de Diseño y prototipado.

5. Conclusión

El uso de Diseño Centrado en el Usuario permite generar soluciones innovadoras a problemas que podrían pasar

desapercibidos con el uso de metodologías tradicionales, es por lo que se decidió utilizar esta metodología, la cual implica que el usuario esté involucrado y sea tomado en cuenta durante todo el proceso de diseño. En este artículo se reportó su uso para proponer un método para el desarrollo de dispositivos que mejoren las habilidades motrices finas.

A través de esta investigación y haciendo especial énfasis en los usuarios finales, en el caso de estudio presentado los estudiantes de medicina de segundo año, fue posible identificar oportunidades de mejora para su formación académica en el área práctica, resaltando la importancia de la destreza manual. El proceso propuesto fue aplicado para mejorar el aprovechamiento en un curso de cirugía con buenos resultados; se diseñó un dispositivo que permite el desarrollo y ejercitación de movimientos particulares útiles para el manejo de instrumental y la realización de actividades propias de un cirujano. El diseño del dispositivo se ha concluido y como trabajo futuro se tiene la fabricación y prueba de prototipos. Los resultados obtenidos con simuladores y prototipos dan evidencia de la utilidad del objeto diseñado y, por tanto, de la metodología propuesta.

Durante la aplicación de la metodología desarrollada, se observó que puede ser empleada en otras áreas de aprendizaje, como la ingeniería mecánica, electrónica, la música, arquitectura, diseño, etc. Lo anterior pues las habilidades manuales, la coordinación y destreza son importantes para gran diversidad de actividades de distintas profesiones.

La teoría y la práctica son sumamente importantes durante la formación de profesionales, es por ello que las experiencias de aprendizaje generadas por productos desarrollados con el método presentado en este artículo, puede promover un balance entre aspectos teóricos y prácticos, fomentando el ejercicio de habilidades motrices finas y visoespaciales, mejorando la coordinación mano-ojo y habilidades de secuenciación. Adicionalmente, como en el caso de estudio presentado, esto se puede hacer de una manera lúdica cuando el producto desarrollado es un juguete.

Agradecimientos

Se agradece al Departamento de Cirugía de la Facultad de Medicina de la UNAM. A demás de los autores, que participaron en el desarrollo del proyecto el Ing. Daniel Haro Mendoza, el Ing. Santiago Castillo Cadena y al primer grupo de alumnos que contribuyo. La investigación reportada en este artículo ha sido patrocinada por el CONACYT, y la DGAPA- PAPIIME-PE202118.

REFERENCIAS

- [1]Herring, John A. "Chapter 1. Growth and Development." Tachdjian's Pediatric Orthopaedics: From the Texas Scottish Rite Hospital for Children. The Pediatric Orthopaedics, Saunders,2014, pp. 3-22.
- [2]Mylon,Peter, Lewis, Roger, J Carré Matt and Matín Nicolas."An evaluation of dexterity and cutaneous Sensibility tests for use with medical gloves." Mechanical Engineering Science Vol. 230, No.16 (2016): pp. 2896-2912.
- [3]U. Facultad de medicina. [En línea]. Available: http://www.facmed.unam.mx/index.php?idcontenido=0001limcm yv&id_sec=10. [Ultimo acceso: abril 2018].
- [4]L. B. V. P. W. G. D. M. M. Gómez, "Diseño de nuevos productos con un enfoque orientado al usuario". Memorias de Congreso: XV Congreso Internacional Anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, 2009.
- [5]A. Kapandji, "Fisiología articular", 6th ed. Madrid: Editorial medica Panamericana, 2006, pp. 308-325.
- [6]C. Castro Alarcon, S. Castillo Cadena, D. Haro Mendoza, J. Vega Bello, V. Borja, Y. Escalera Matamorros, A. Ramírez-Reivich y A. Treviño Arizmend, "User centered design applied to the improvement of fine motor skills". Proceedings of the ASME 2018 International Mechanical Engineering Congress & Exposition, IMECE 2018-88407, Pittsburgh, Pensilvania, EEUU, November. Aceptado para su publicación.