

IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS MÓVILES EN EL PROCESO DE REHABILITACIÓN DE LA ARTICULACIÓN DEL CODO

IMPACT OF MOBILE TECHNOLOGIES ON THE ELBOW JOINT REHABILITATION PROCESS

Francisco Gutiérrez Vera

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
francisco.gutierrez@itcelaya.edu.mx

Carolina Santana de los Ríos

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
13030622@itcelaya.edu.mx

Luis Daniel Espino Mandujano

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
13030624@itcelaya.edu.mx

Claudia Cristina Ortega González

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
claudia.ortega@itcelaya.edu.mx

Julio Armando Asato España

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
julio.asato@itcelaya.edu.mx

Recepción: 22/noviembre/2023

Aceptación: 26/diciembre/2023

Resumen

Existe una gran cantidad de accidentes que pueden ocurrir dentro del área laboral, lo cual puede tener consecuencias sobre el organismo del trabajador al provocar el surgimiento de algún tipo de incapacidad. Según diversos estudios, el codo es una de las áreas del cuerpo más propensa a sufrir de algún tipo de lesión, esto es, debido a la gran cantidad de esfuerzo físico requerido sobre dicha área. Uno de los padecimientos más comunes es la epicondilitis de codo, también conocida como "Codo de Tenista" o "Codo de Golfista". Varios artículos han establecido que el trabajo en equipo entre la tecnología y el área de medicina puede traer consigo buenos resultados, dando lugar a la existencia de aplicaciones móviles que apoyan en distintos aspectos médicos; Con base en ello, se planteó la

posibilidad de diseñar una aplicación móvil capaz de ayudar en el tratamiento de este padecimiento. El problema que se distingue es que la mayoría de los procesos de rehabilitación requieren de supervisión de los ejercicios, y queda a la vista de un terapeuta si el paciente lo está haciendo bien o no, el objetivo de la aplicación es ser un auxiliar en el proceso de rehabilitación de la epicondilitis, de tal forma que, el dispositivo fuese capaz de medir la eficiencia del ejercicio y con ello lograr solventar varios de los problemas encontrados en el análisis previo. Se pretende que la aplicación móvil reduzca la supervisión humana y de una valoración exacta de la calidad de ejercicio que realiza el paciente. En el presente artículo se dan los antecedentes del tema a tratar, se explican los criterios para definir la metodología por aplicar y presenta los resultados de las pruebas realizadas por diez individuos.

Palabras Clave: aplicación móvil, codo, rutina, rehabilitación.

Abstract

There are a lot of accidents that can occur within the work area, which can have consequences for the worker's body by causing the emergence of some kind of disability. According to various studies, the elbow is one of the areas of the body most likely to suffer from some type of injury, that is, due to the large amount of physical effort required on that area. One of the most common conditions is the epicondylitis of the elbow, also known as "Codo de Tenista" or "Codo de Golfista". Several articles have established that teamwork between technology and the area of medicine can bring about good results, leading to the existence of mobile applications that support in different medical aspects. Based on this, it was possible to design a mobile application capable of helping in the treatment of this condition. The problem that is distinguished is that the majority of the rehabilitation processes require the supervision of the exercises, and it remains in the view of a therapist if the patient is doing well or not, the objective of the application is to be an auxiliary in the process of rehabilitation of the epicondylitis, so that the device is able to measure the efficiency of the exercise and thus to solve several of the problems found in the previous analysis. It is intended that the mobile application reduces human supervision and an accurate assessment of the quality of exercise performed by the

patient. This article gives the background to the topic to be discussed, explains the criteria for defining the methodology to be applied and presents the results of the tests carried out by ten individuals.

Keywords: *elbow, mobile application, rehabilitation, routine.*

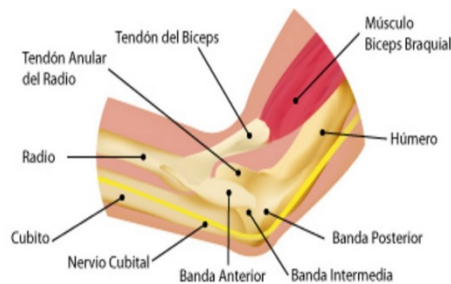
1. Introducción

Las acciones médicas han evolucionado a lo largo de la historia de la humanidad, centrándose en actividades como curar, aliviar y acompañar. Respecto a la primera acción, la rehabilitación es sumamente importante ya que implica la búsqueda de mejorar la calidad de vida de los pacientes, una vez que se ha producido alguna afectación que disminuye la funcionalidad del cuerpo humano. La rehabilitación física se ha desarrollado desde el año 460 AC, inicialmente de forma empírica mediante las experiencias con los pacientes afectados, y posteriormente aplicando técnicas más racionales. En Grecia, Hipócrates realizó varios escritos que daban gran importancia a la dieta, ejercicios corporales, masajes y baños. En los primeros años de nuestra era, el médico Aulio Cornelio Celso escribió el libro "De re medica", donde se establecieron las indicaciones necesarias para poner en práctica la hidroterapia. En 1569, el médico Jerónimo Mercuriale publicó el tratado "De arte y gymnastica", el cual permitió establecer a la gimnasia como un medio para conservar la salud mediante la actividad física. La especialidad en medicina física y rehabilitación, tal como se conoce hoy en día, inició en Estados Unidos a comienzos del siglo XX con el Dr. Frank Krusen, que desarrolló diversas terapias que permitieron a los lesionados en el deporte volver a sus actividades de manera más rápida que con otros tratamientos, él concluyó que la medicina física debía desarrollarse con bases científicas y ser aceptada como especialidad médica [Loreto, 2010].

Según estudios del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), existen diversos tipos de lesiones que pueden ser tratados mediante la rehabilitación física, entre los más comunes se encuentran las lesiones de hombros seguidas por las lesiones del codo [IMSS, 2015]; esto es, a causa del gran esfuerzo físico que se ejecuta en dichas áreas del cuerpo, ello a pesar de que el codo es una articulación muy estable

debido a su estructura.

El codo es una articulación "bisagra" que llega a flexionarse en un ángulo aproximado de 30° y estirarse hasta los 180° en condiciones normales, esto es, gracias a tres articulaciones que lo conforman: humero cubital, humero radial y radio cubital [Florit, 2009]. La figura 1, muestra la estructura del codo, en ella se puede observar que también está compuesto por huesos y ligamentos, que además es punto de origen entre los tendones de la mano y algunos músculos en el hombro.



Fuente: [MEDS, s.f.]

Figura 1 Estructura fisiológica del codo.

Las patologías musculoesqueléticas del codo relacionadas con el trabajo se denominan de diversas formas: lesiones de estrés, problemas por traumas, codo de golfista, codo de tenista, entre otros. Estas patologías se presentan como consecuencia de diversas actividades como cortar madera, martillar, practicar deportes como el golf, tenis, etc. Se asocia con actividades laborales debido a que se han observado en trabajadores de distintas áreas: obreros, jardineros, mecánicos, deportistas, entre otros, éstas exigen al trabajador un esfuerzo desproporcionado entre fuerza y resistencia de los tendones extensores a la tracción, lo cual eventualmente conduce a lesiones.

Según un estudio realizado en el 2011 por la Administración de la Seguridad y la Salud Ocupacional, las lesiones musculoesqueléticas cuestan a las empresas hasta 20 billones de dólares cada año (aproximadamente 375 billones de pesos mexicanos) en gastos de compensación para el trabajador [Florit, 2009]. Además, esto representa un problema económico para el trabajador debido a los cuidados médicos que necesitará, en el 2016 el IMSS dio a conocer los costos de los servicios que ofrecía, siendo la terapia física uno de los más costosos llegando hasta los

2,358 pesos por día [Jara, 2013]. También, el trabajador podría llegar a tener una disminución de sueldo debido a su condición. Sumado a esto, si no se sigue un protocolo de rehabilitación adecuado, la lesión podría tardar más en curar o incluso podría empeorar.

El artículo: Valoración del Daño Corporal y Medicina de los Seguros, indica que, sin la intervención de agentes agravantes, una luxación de codo tiene un tiempo medio de rehabilitación de hasta 90 días [Zamudio, 2011]. Dentro de este periodo de tiempo el paciente debe realizar los ejercicios indicados por su médico. Para la rehabilitación de codo se necesita mantener una rutina de ejercicios basada en: flexiones y rotaciones, siguiendo ciertos ángulos de movimiento. Además, deben realizarse dentro de un periodo de tiempo específico con un cierto número de repeticiones.

Existen distintos tipos de ejercicios para llevar a cabo la rehabilitación de codo: flexo extensión de codo, pronosupinación, flexo extensión de muñeca, entre otros. Cada sesión de rehabilitación requiere una rutina basada en alguno de estos ejercicios en los que se realizan flexiones y rotaciones sobre el área del codo. Por ejemplo, el ejercicio de flexo extensión inicia posicionando la extremidad superior totalmente extendida y en posición horizontal (la palma de la mano mirando hacia el suelo), se realiza una rotación de forma que la mano mire hacia arriba. Después, se flexiona la extremidad hasta que la mano toque el hombro, se regresa a la posición inicial y se repite todo el proceso. Deben realizarse diez a veinte repeticiones tres veces al día [Montoya, 2015].

Derivado de una entrevista de contexto con la Dra. Paola Mora, jefa del área de fisioterapia de la Clínica de Rehabilitación del DIF de Celaya, en el estado de Guanajuato, se obtuvo la siguiente información sobre la epicondilitis de codo:

- Tiempo para cada sesión de rehabilitación: 40 minutos.
- Duración de la rutina: dos a tres veces por semana, entre diez y doce sesiones.
- Precio de cada sesión: 64 pesos mexicanos.

Como información adicional, la Dra. Mora detalló que el 10% de los pacientes deja

de asistir a sus sesiones de terapia principalmente por razones económicas, laborales y escolares, en donde los horarios de la clínica se interponen con las actividades diarias de los pacientes.

El uso de dispositivos móviles va en aumento, lo que hace que su uso en el tratamiento fisioterapéutico permita cambiar la mirada de la interacción de la fisioterapia de un modelo episódico a un modelo de acompañamiento continuo, donde las aplicaciones incluyan especificidad en aspectos como ejercicio terapéutico, así como también elementos que fomenten la promoción de la salud y prevención de enfermedades y sus complicaciones [Angarica y Castañeda 2017].

Por otra parte, los dispositivos móviles han ido evolucionando a medida que transcurre el tiempo y actualmente se han desarrollado un gran número de aplicaciones para las diferentes plataformas disponibles (Windows Phone, Android, iPhone, entre otros). La evolución de la tecnología ha llegado a distintas áreas, tal es el caso de la medicina, donde se han desarrollado alrededor de 100,000 aplicaciones, de las cuales, el 70% tiene un objetivo informativo, mientras que el otro 30% son utilizadas por médicos y pacientes [Jara, 2013].

En el 2016, el Índice de la Sociedad de la Innovación, publicó un artículo cuyo objetivo consistía en medir el desarrollo de las nuevas tecnologías; dicho proyecto mostró que el 90% de los teléfonos celulares vendidos en México, corresponden a teléfonos inteligentes. Además, de acuerdo con el estudio, el 57% de los mexicanos cuenta con un teléfono inteligente dentro de la gama baja, media y alta; lo cual representa una oportunidad para que empresas o desarrolladores independientes continúen diseñando nuevas aplicaciones móviles [IDC, 2016].

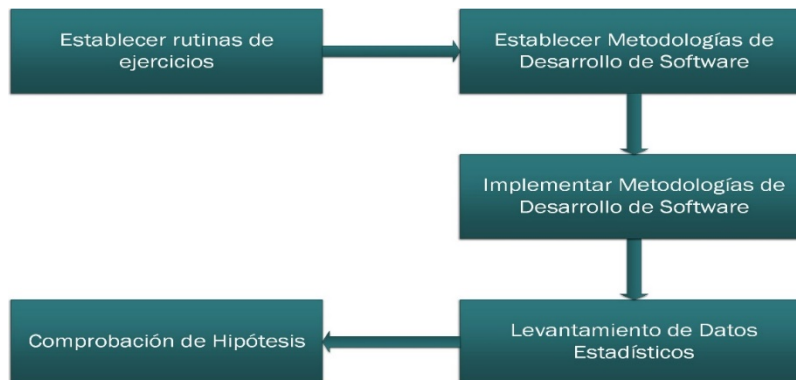
2. Métodos

La metodología implementada constó de cuatro etapas, la figura 2 muestra un diagrama compuesto por ellas.

Etapa 1 Establecer rutinas de ejercicios

Se investigó sobre los ejercicios más comúnmente utilizados en una rutina de terapia para la epicondilitis de codo, como resultado, se obtuvo la siguiente lista:

- Pronosupinación: Movimiento de rotación del antebrazo, que debe realizarse con el codo flexionado a 90° y pegado al cuerpo.
- Flexión y extensión (flexoextensión) de codo.
- Flexión y extensión de muñeca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 Etapas desarrolladas para la investigación.

Derivado de una entrevista realizada al Dr. Ignacio Jaramillo, especialista en traumatología y a la Dra. Paola Mora, jefa del área de fisioterapia de la Clínica de Rehabilitación del DIF de Celaya. se obtuvo más información relacionada con los ejercicios que son asignados durante una sesión de rehabilitación por epicondilitis de codo. El Dr. Jaramillo, hizo énfasis en dos ejercicios: pronosupinación y flexoextensión de codo; este último es opcional, debido a que es usado como un complemento a la pronosupinación. La Dra. Mora dio prioridad a ejercicios de flexoextensión de codo debido a que permite mantener el arco de movilidad y, para el caso de una etapa crónica, incluir ejercicios de fortalecimiento para el área del codo. Al obtener los resultados de ambas entrevistas, se analizaron las respuestas; teniendo en cuenta que la Dra. Mora es especialista en fisioterapia, se decidió establecer la rutina de ejercicios bajo su conocimiento de la epicondilitis de codo. Otro motivo para tomar mayor consideración en las respuestas obtenidas de la Dra. Mora fue que el Dr. Jaramillo mencionó haber tenido un bajo índice de pacientes que presentaran epicondilitis.

Con el objetivo de acotar lo más posible el proyecto, se optó por elegir un solo ejercicio para la rutina a monitorear. Aunque el alcance de esta investigación no

implica la rehabilitación total del paciente, parece adecuado seleccionar el ejercicio que proporciona mejores resultados en el tratamiento de la epicondilitis. Se analizaron los ejercicios recomendados por la Dra. Mora, aquellos correspondientes al fortalecimiento del área del codo son utilizados en casos crónicos, lo cual no está relacionado con la investigación debido a que la epicondilitis de codo no está catalogada como una enfermedad crónica, por lo que fueron descartados. Finalmente, se decidió concretar una rutina basada en ejercicios de flexo extensión de codo.

Etapa 2 Establecer metodologías de Desarrollo de Software

Se consideraron diversas metodologías de software, pero se buscaba una orientada al desarrollo de aplicaciones móviles. Debido a que el equipo de trabajo estaba compuesto por dos personas, se buscó una metodología que funcionara bien de acuerdo con estas condiciones.

Las metodologías más destacadas para este propósito fueron aquellas conocidas como: Metodologías Ágiles; las cuales se caracterizan por el trabajo en equipo y la documentación es generada conforme se va avanzando en el desarrollo de la aplicación.

Cabe mencionar que existen varias metodologías que son consideradas como Ágiles, se eligieron: Scrum, eXtreme Programming y Mobile-D. Cada una de ellas presenta las siguientes características:

- *Scrum*: Se envían entregables al cliente mientras se van desarrollando los objetivos más sencillos, esto permite ganar tiempo para después realizar los objetivos más complejos. Requiere equipos de trabajo grandes (cinco a nueve personas). Involucra diversos tipos de roles (ScrumMaster, Tasters, Product Owner, entre otros.). Es enfocado a proyectos complejos. El proyecto avanza en una serie de Sprint's, cuya duración es de dos a cuatro semanas
- *Programación Extrema*: Entre sus principales características están que propicia la programación organizada, facilita los cambios, se hacen pruebas continuas, hay recomendable en proyectos a corto plazo y permite realizar el desarrollo del sistema en parejas para complementar el conocimiento.

- **Mobile-D:** Está orientada a desarrollo de aplicaciones móviles, se entregan avances del desarrollo durante cada cierto tiempo, similar al concepto de sprint utilizado en la metodología Scrum, hay la posibilidad de retroceder en el proceso de desarrollo para realizar cambios, es ideal para equipos de desarrollo pequeños (Menos de cinco personas) y es recomendable en proyectos a corto plazo.

Finalmente, Mobile-D fue la metodología seleccionada para este proyecto, debido a que se necesita desarrollar una aplicación móvil de manera ágil y con un equipo de desarrollo pequeño, por lo que dicha metodología está especialmente orientada a este tipo de proyectos. Sumado a esto, Mobile-D cuenta con varias características útiles de las metodologías Scrum y Programación Extrema.

Etapas 3 Implementar metodologías de Desarrollo de Software

Se trabajó bajo cinco fases: exploración, inicialización, producción, estabilización y pruebas; la figura 3 muestra un diagrama de ellas, incluyendo las actividades específicas realizadas para cada una:

- Fase 1 Exploración: se llevó a cabo la planificación inicial, se definieron los requerimientos del desarrollo del proyecto, los actores y sus responsabilidades. En esta fase se identificaron los siguientes requerimientos:
 - ✓ Funcionales: (a) conteo de repeticiones del ejercicio en cada sesión, (b) medición de los ángulos de inclinación sobre el eje Z, (c) establecer rangos de aceptación para la posición inicial, (d) cálculo de la posición final deseada en relación con la posición inicial, y (e) establecer rangos de aceptación para la posición final deseada.
 - ✓ No funcionales: (a) mostrar al usuario la eficiencia obtenida por cada repetición, (b) presentar al usuario la eficiencia total obtenida de la sesión, (c) emitir indicaciones por voz durante la ejecución de los ejercicios, y (d) presentar la opción al usuario para reiniciar la sesión de rehabilitación.

Aunado a lo anterior, los usuarios tienen la responsabilidad de usar la aplicación al realizar los ejercicios de flexo extensión de codo mientras son guiados por el comando de voz del dispositivo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Etapas de la metodología D-Mobile.

- Fase 2 Iniciación: se identificaron y prepararon los recursos físicos y software necesarios. Software necesario: Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) Android Studio. Los recursos físicos fueron: teléfonos inteligentes con Sistema Operativo Android 4.2 como mínimo y con el sensor Acelerómetro incluido, estos dispositivos serían utilizados durante el desarrollo de la aplicación, pruebas e implementación; computadoras con los requerimientos necesarios para poder trabajar con el IDE Android Studio (mínimo: 3GB RAM, 500MB Disco Duro). Además, se creó la primera versión del diseño de software, el cual consistía en mostrar los ángulos formados en los planos X, Y, Z; este diseño hace uso del acelerómetro y requería de un modelo matemático para poder obtener dichos ángulos. También, permitió comenzar a contemplar la manera de establecer la posición inicial y final de cada ejercicio. La figura 4 muestra el diseño del primer boceto para la interfaz, consistía en un contador de repeticiones y tres etiquetas (para los ángulos de inclinación sobre los ejes X, Y, Z). Finalmente, se plantearon ciclos de desarrollo o sprints de una semana, en donde, al final de cada sprint se debería mostrar un avance funcional en el desarrollo de la aplicación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Boceto Inicial de la aplicación.

- Fase 3 Producción: se programó de forma iterativa hasta lograr las funcionalidades deseadas de la aplicación. Este ciclo de desarrollo permitió obtener diferentes prototipos funcionales que definieron cada uno de los módulos de la aplicación final. Dichos módulos estaban directamente relacionados con los requisitos planteados en la fase 1.

El primer módulo desarrollado fue el correspondiente a la medición de los ángulos en el plano Z.

El segundo módulo permite detectar la posición inicial, para éste se implementó un contador de cuatro segundos, en este periodo de tiempo se verificaba que la posición del dispositivo no tuviese un cambio significativo, es decir, que no variara más de cinco unidades entre cada ángulo obtenido; si la situación concordaba con estas características se guardaban los ángulos máximo y mínimo para establecer el rango de aceptación para la posición inicial, en caso contrario, se repetía el proceso hasta obtener el rango inicial.

El tercer módulo se encarga de realizar el cálculo de la posición final deseada, es decir, la posición a la que el usuario debería llegar si quiere realizar correctamente el ejercicio. Dicho cálculo se planeó con base en la posición inicial obtenida en el módulo anterior. Este módulo da como resultado el rango de aceptación para la posición final deseada.

El cuarto módulo implementa un contador para llevar el registro del número de repeticiones realizadas por el usuario.

El quinto módulo involucra la emisión de instrucciones de voz, que permiten

guiar al usuario durante la ejecución del ejercicio. Sin embargo, éstos fueron limitados debido al gasto de recursos que conllevaba su implementación. Finalmente, dichas instrucciones serían utilizados en conjunto con el contador del cuarto módulo, para indicar al usuario por medio de señales audibles el número de repeticiones realizadas.

El sexto módulo se encargó del cálculo para la eficiencia obtenida para cada ejercicio, así como también el cálculo de la eficiencia total en cada sesión.

El séptimo módulo consistió en diseñar la interfaz de usuario y mejorar el diseño planteado en el boceto inicial de la figura 4.

En la figura 5 se muestra la interfaz principal con una etiqueta para mostrar el número de repeticiones ejecutadas y dos Circle Progress Bar: una para mostrar la eficiencia del ejercicio (Progreso Actual) y otra para mostrar la eficiencia total de la sesión (Proceso Global).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Interfaz principal de la aplicación.

- Fase 4 Estabilización: se integraron los módulos en una misma aplicación y se verificó su funcionalidad, con el objetivo de asegurar la calidad del proyecto. Fue necesario realizar algunos cambios relacionados con la detección del movimiento durante la ejecución del ejercicio, puesto que se tuvo en cuenta el caso en donde el usuario no es capaz de llegar a la posición final; el cambio consistió en implementar un monitoreo de los ángulos obtenidos durante el movimiento del dispositivo, esto permitió establecer un mecanismo para detectar si el usuario no fue capaz de llegar a la posición

final deseada.

- Fase 5 Pruebas: se identificó la versión más estable de la aplicación para ser instalada en varios dispositivos móviles, para verificar su funcionamiento con base en la carcasa de los smartphones y la ubicación del acelerómetro en cada uno de ellos. Sin embargo, se observó que las instrucciones de voz requerían un Sistema Operativo Android 6.0 como mínimo y, para tener alcance a gran variedad de dispositivos, se decidió eliminar el uso de estas instrucciones de voz, para que así la aplicación funcionara en Sistemas Operativos Android 4.0 en adelante. Después de realizar dicha modificación, no hubo problemas en las pruebas posteriores, las cuales incluían verificar el cálculo correcto de la eficiencia tanto del ejercicio como de la rutina completa.

Etapa 4 Levantamiento de datos estadísticos

Primeramente, se planteó el tipo de persona que usaría la aplicación, es decir, un especialista en el área de fisioterapia, un paciente con la enfermedad de la epicondilitis o un usuario que no tuviese ninguna de las características anteriores. Teniendo esto en consideración, se analizaron las posibles aportaciones de cada uno de estos tipos de personas; consideramos que la mejor opción sería seleccionar especialistas en el área de fisioterapia o pacientes que se encuentren en la etapa de rehabilitación; el especialista podría aportar su experiencia en el área y los pacientes, su mejoría con el uso de la aplicación. Considerando que el objetivo de este proyecto es medir la eficiencia del ejercicio; para las pruebas operativas no fue previsto recurrir a pacientes en rehabilitación, ya que la información en este caso es de igual utilidad con cualquier persona.

Considerando que el ámbito de este proyecto es de tipo académico, la muestra poblacional que se utilizó para el experimento fue de diez personas, realizando cada una quince repeticiones del ejercicio: flexo extensión de codo. La aplicación calculó la eficiencia tanto del ejercicio individual como de la sesión completa, de estos datos se dio prioridad a la eficiencia total de la sesión, ya que serían los datos para trabajar en las etapas posteriores.

Al finalizar la rutina, cada usuario obtenía un porcentaje total con respecto a la

eficiencia de los ejercicios realizados, dicho porcentaje fue registrado en una "hoja de cálculo" de Microsoft Excel 2017, el cual fue utilizado con el propósito de tener un orden en la captura de los datos.

3. Resultados

Se reunieron a diez personas para que llevaran a cabo una terapia de quince repeticiones del ejercicio de flexo extensión de codo. En la figura 6 se pueden observar algunos individuos durante la ejecución de éstos de la terapia y recolectando datos del funcionamiento de la aplicación. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos, más específicamente, los porcentajes de eficiencia de cada individuo al realizar su terapia, estos resultados son el valor promedio de cada ejercicio, es decir, el ejercicio mide la velocidad y el ángulo realizado en cada flexión y la califica, se puede observar que algunos sujetos realizaron mejor o peor la terapia, por ejemplo, el sujeto 7 tuvo una eficiencia muy baja, mientras que los individuos 1, 2 y 9 tuvieron buen desempeño en la realización de la terapia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Personas realizando la terapia utilizando el dispositivo móvil.

Tabla 1 Eficiencia de la terapia realizada registrada por la aplicación.

Individuo	Eficiencia (%)
Individuo 1	90
Individuo 2	90
Individuo 3	80
Individuo 4	84
Individuo 5	89
Individuo 6	86
Individuo 7	45
Individuo 8	78
Individuo 9	90
Individuo 10	86

Fuente: elaboración propia.

4. Discusión

Consideramos que el resultado favorable de este proyecto se debe en gran medida a la participación de la aplicación desarrollada, ya que ésta fue el instrumento utilizado para realizar las mediciones de eficiencia necesarias para la rutina de ejercicios. El indicador (Circle Progress Bar) le permite al usuario saber hasta qué ángulo fue capaz de llegar y con ello percatarse de qué tan correcto fue su ejercicio. Con el dispositivo, móvil se presentan varias mejoras o eficiencias a procesos de terapia, por ejemplo, ya no es necesario que otra persona este revisando que el paciente realice las rutinas, el dispositivo sirve para eso, por otra parte, no requerido asistir al centro de rehabilitación demasiada frecuencia, ya que posibilita hacer las rutinas desde casa y sólo asistir a revisiones mensuales o semanales. Además, que la aplicación responde a la pregunta de la forma en que se hizo la terapia. Se han considerado varias mejoras, alcances o áreas de oportunidad tales como: expandir la gama de ejercicios disponibles, es decir, tener más opciones de actividades físicas para la rehabilitación por epicondilitis de codo, como lo son ejercicios de pronosupinación y flexo extensión de muñeca. Con la adición de estos ejercicios podría concretarse una rutina más completa. Otro aspecto relacionado, sería encontrar otro tipo de enfermedades en el área del codo con las cuales esta rutina de ejercicios podría ser de utilidad.

5. Conclusiones

Después de plantear un funcionamiento adecuado, se liberó el proyecto para que se utilizará como mecanismo de seguimiento en algunos pacientes con este tipo de padecimientos. La aplicación debió recibir varios ajustes debido a que en algunas marcas de teléfonos se presentaba un fallo redundante con los sensores incorporados ya que las versiones de sistema operativo y modelo de los sensores de giroscopio tenían pequeñas diferencias en cuanto a sus lecturas, esto presentó un reto diferente ya que se esperaba que fuera muy transparente el funcionamiento entre dispositivos, por otra parte, la sensibilización de los terapeutas sobre que no es requerida su presencia para verificar que el paciente realice sus terapias es otro aspecto no considerado, algunos de ellos se sintieron amenazados en que las

tecnologías les quitarían trabajo o que la tecnología no era tan eficiente para medir ese tipo de trabajo tal como ellos lo harían. Sin embargo, los resultados demostraron que es posible y útil aprovechar las capacidades de los dispositivos móviles.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Angarita, C., Castañeda, J., (2017). Uso de dispositivos móviles en fisioterapia. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, volumen 28, número 2.
- [2] Elío, J. (2015). Mobile Medical Apps, como los smartphones revolucionan la medicina. *El Español*. <https://shorturl.at/eoyRU>.
- [3] Florit Rozas, J. (2009). Abordaje integral de fractura de codo en paciente adulto. *efisioterapia*. <https://www.efisioterapia.net/articulos/abordaje-integral-fractura-codo-paciente-adulto>.
- [4] IDC. (2016). Índice de Innovación de la Sociedad. Qualcomm, 43-45, Recuperado de <http://www.idclatin.com/QuISI/web/Mexico.html>.
- [5] IMSS (2015). Anuario Estadístico de Salud en el Trabajo. Información estadística en salud.
- [6] Jara Ribera, R. (2013). Valoración del Daño Corporal y Medicina de los Seguros. *Informes de Valoración del Daño Corporal para la indemnización por Secuelas de Accidentes de Tráfico y otros accidentes*.
- [7] Loreto Vergara, B. (2010). Desarrollo de la Medicina Física y Rehabilitación como especialidad médica. *Revista Hospital Clínico Universidad de Chile*. Número 21, 281-288. <https://shorturl.at/auE49>.
- [8] MEDS (s.f.) Codo, Traumatología y Ortopedia. Clínica MEDS. <https://www.meds.cl/subespecialidad-codo/>.
- [9] Montoya Alatorre, A. L. y Gutiérrez Vera, F. (2015). Rehabilitación de codo por medio de tecnología móvil. *Pistas Educativas*. 36 (114), 18-31. <http://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/285/275>
- [10] Zamudio Muñoz, L. A., Urbiola Verdejo, M. y Sánchez Vizcaíno, P. M. (2011). Factores sociodemográficos y laborales asociados con epicondilitis lateral de codo. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*. 49(1), 59-64. <https://www.redalyc.org/pdf/4577/457745500012.pdf>.