

UTILIZACIÓN DE SMARTPHONE COMO AUXILIAR EN LA REHABILITACIÓN DE RODILLA

USE OF SMARTPHONE AS AN AUXILIARY IN KNEE REHABILITATION

Francisco Gutiérrez Vera

Tecnológico Nacional de México en Celaya
francisco.gutierrez@itcelaya.edu.mx

Carlos Reséndiz Santa Cruz

Tecnológico Nacional de México en Celaya
carlos-nos@hotmail.com

Claudia Cristina Ortega González

Tecnológico Nacional de México en Celaya
claudia.ortega@itcelaya.edu.mx

José Guillermo Fierro Mendoza

Tecnológico Nacional de México en Celaya
guillermo.fierro@itcelaya.edu.mx

Resumen

Las rodillas están fácilmente sometidas a accidentes durante las actividades cotidianas y las lesiones de las mismas están entre las más frecuentes que se ven en urgencias. La manera más efectiva de recuperarse de una lesión de rodilla, es la práctica de ejercicios, los cuales ayudarán a recuperar la movilidad de las mismas, a este proceso debe dársele un seguimiento para su recuperación efectiva, por esta razón se requiere de visitas constantes a algún centro de fisioterapia y no siempre se tiene la disponibilidad para acudir por algún motivo. Se construyó y validó una aplicación móvil con la finalidad de ayudar en la medición efectiva de los ejercicios, para ser realizados de manera correcta por los pacientes durante las sesiones. Posteriormente la aplicación, puede ser usada como una herramienta de rehabilitación.

Palabra(s) Clave: Aplicación, Móvil, Salud, Tecnología.

Abstract

The knees are easily subjected to accidents during day-to-day activities and their injuries are among the most common ones seen in the emergency. The most effective way to recover from a knee injury is the practice of exercises, which will help to regain the mobility of the same, this process should be followed up for effective recovery, for this reason constant visits to some physiotherapy center are required and not always available to come for some reason. A mobile application can help with the measurement of exercises, so that they are performed correctly. Thereafter, the application can be used as a rehabilitation tool.

Keywords: *Application, Health, Mobile, Technology.*

1. Introducción

Si pensamos en dispositivos móviles, lo primero que nos viene a la cabeza es un teléfono móvil, pero no es así. Este se puede definir como un aparato de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, que puede llevar a cabo funciones generales. En la actualidad son varios los dispositivos móviles disponibles en el mercado, como son: PC portátiles, tabletas, Notebook, agendas electrónicas y teléfonos móviles, en donde nos enfocaremos más en este último.

Según Guevara [2010] El teléfono móvil (conocido también como celular) es un dispositivo móvil que puede hacer y recibir llamadas a través de una portadora de radiofrecuencia mientras el usuario se está moviendo dentro de un área de servicio telefónico. El primer teléfono móvil de mano fue presentado por Motorola en 1973, estos primeros sistemas podían hacer llamadas simultáneas más lejos, pero todavía se utilizaba la tecnología analógica. En 1991, la segunda generación de tecnología celular digital surgió con nuevas mejoras en su hardware y software, provocando así la mayor competencia en el sector de la telefonía móvil. Diez años más tarde, en 2001, la tercera generación de teléfonos móviles fue lanzada en Japón, con el cual tenía mejoras basadas en las necesidades del consumidor, como, por ejemplo, incluían un reloj, cronómetro, calendario, juegos, agenda, entre otros. Con el paso del tiempo las tecnologías avanzan más debido a la miniaturización y compresión

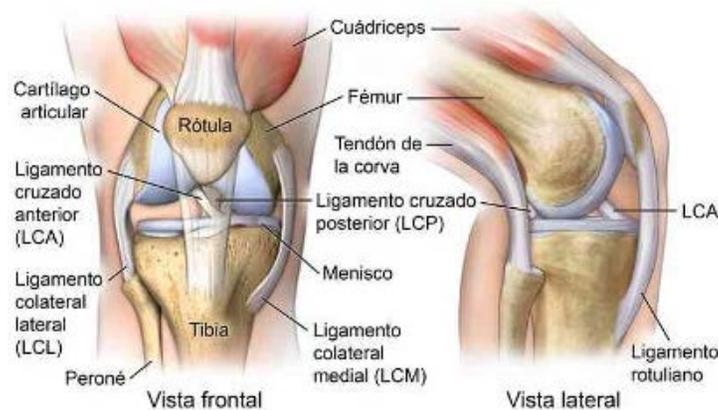
de componentes, estos dispositivos se fueron mejorando teniendo más herramientas para que los usuarios pudieran usarlas, hasta que en el año de 2007 surgió el primer dispositivo móvil inteligente, llamado *smartphone*, con capacidad de almacenar datos y realizar actividades, semejantes a la de una micro-computadora, y conectividad con múltiples dispositivos en otros anchos de banda o medios de comunicación inalámbrica.

En las sociedades humanas, la información tiene un impacto en las relaciones entre los individuos. A lo largo de la historia el hombre ha sido consciente de la importancia de "tener información" y de poder transmitirla lo más rápidamente posible. En la era prehistórica, las pinturas rupestres eran los primeros bocetos donde transmitían información sobre un evento. Conforme pasa el tiempo, el ser humano ha tenido diferentes medios para compartir, recibir y transferir información, desde publicaciones en periódicos, revistas, libros, etc. Ante la necesidad de compartir más información, surge el internet de las cosas, que permite a las personas estar interconectadas con el mundo mediante protocolos TCP/IP y así puedan compartir todo tipo de información.

Los *smartphones*, son unos de los dispositivos que nos ayudan a estar conectados con el internet, en donde podemos realizar diferentes búsquedas, como por ejemplo, consultar la cartelera del cine, ubicación de algún lugar, etc. llevando así a búsquedas más técnicas como tutoriales para realizar algún trabajo o reparar un aparato o mueble, en algunos casos esto llega a presentar un problema, ya que con el acceso a Internet las personas no recurren a expertos de un área, como doctores, mecánicos, veterinarios, fisioterapeutas, etc. en donde en algunos casos, en vez de reparar o curarse, suelen empeorar más la situación. Haciendo más referencia en el ámbito de la salud, en el área la rehabilitación, las personas buscan tutoriales de ejercicios para sanar sin antes haber asistido con un fisioterapeuta.

De acuerdo a Góngora, Rosales, Gonzáles y Pujals [2003] la rodilla es una de las articulaciones del cuerpo humano que comúnmente presenta lesiones por su función de carga dinámica. Constituida por las superficies articulares del fémur y el peroné, integrado por la rótula, amortiguada por los meniscos y estabilizada por numerosos elementos ligamentarios y capsulares, se trata de una articulación

compleja (figura 1). Tanto es así, que un problema a nivel de esta articulación puede tener diversos orígenes, como, por ejemplo, deportes de alto impacto, movimientos bruscos, mecánica errónea al caminar, etc. Dentro de las lesiones más frecuentes de la rodilla se encuentra la de ligamentos cruzados, el cual será el tema principal de este artículo.



Fuente: [Góngora, Rosales, González y Pujals, 2003].

Figura 1 Elementos que conforman una rodilla.

El área de atención de problemas de la salud o cuidados de la salud se conoce como *health care*, y está preocupando a varios sectores en involucrar las tecnologías en el cuidado de la salud, y por lo mismo investigadores y terapeutas han desarrollado proyecto o investigaciones sobre el uso de estas tecnologías que pueden ayudar al tratamiento de rehabilitaciones.

Un estudio realizado en el 2008 de la revista internacional "medicinas y ciencias de la actividad física y del deporte", publicó un artículo sobre la rehabilitación del paciente con lesión de ligamento cruzado de la rodilla, en el cual publica los diferentes ejercicios que se deben efectuar para tener así una mejora en la sanación. También habla sobre los ejercicios en específico a realizar después de una cirugía. Menciona que, si se lleva correctamente una adecuada rehabilitación, los tiempos de terapias disminuyen en un 20% y la recuperación es más eficaz y rápida de lo normal.

Otro estudio realizado por el personal de Healthwie, de todas las lesiones registradas en citas con el traumatólogo, con un total de 467 registradas, el 56%

son lesiones de rodilla, de todos los que tuvieron lesión de rodilla, el 63% fue por la práctica de algún deporte, el 23% por algún mal movimiento y el 14% restante fue desgaste natural del cartílago. El 67% de los que tuvieron lesión de rodilla, asisten a terapias de rehabilitación, el 25% acude pocas veces a la rehabilitación son terminar las sesiones completas, y el 8% no asisten a fisioterapias. El 25% de los que no terminan la rehabilitación completa, tienden a tardar más en sanar y el 67% de los que la completan, sí logran sanarse por completo.

El propósito de esta investigación, tiene como finalidad medir la precisión en la ejecución de un ejercicio, es decir, registrar en forma automática que se realicen de manera correcta, a través de medir el ejercicio con una app y almacenar los datos generados en una aplicación móvil. Se pretende que, de acuerdo a la información obtenida, un fisioterapeuta pueda llevar un mejor control del progreso de mejora de un paciente. El fisioterapeuta tendrá la posibilidad de que sus pacientes lleven a cabo la rutina encomendada y ellos puedan hacerla desde la comodidad de su casa hasta la siguiente sesión programada.

2. Métodos

Para desarrollar este proyecto se siguió una metodología de cuatro etapas:

- Establecimiento del estado del arte.
- Desarrollo de la aplicación móvil
- Experimento y recolección de datos.
- Análisis de datos.

Establecimiento del estado del arte

Góngora-Rosales-Gonzales y Pujals [2003] establecen que la rodilla es una articulación que se forma en la unión del fémur y la tibia, la rótula es un hueso que forma parte de esta unión y contribuye a la realización de los movimientos de extensión y flexión. En torno a la rodilla hay ligamentos y músculos que son imprescindibles para la movilidad de la pierna. Otros componentes importantes son los meniscos y dos fibrocartílagos que impiden los movimientos desmesurados que podrían provocar un daño, en la figura 1 se puede observar la composición de la

rodilla. Las lesiones de rodilla son comunes, especialmente al realizar algún deporte. Las más comunes se producen en los tejidos blandos, por ejemplo, en los ligamentos y tendones. Sin embargo, es posible que los huesos también se dañen. Las causas más frecuentes de lesiones en rodillas son:

- Recibir un golpe fuerte en la rodilla, ya sea directo o mediante una caída o accidente.
- El sobrepeso.
- La práctica de deportes que conlleven cambios rápidos de dirección, saltos, parones, entre otros.

Las lesiones de rodilla comunes son las siguientes:

- Esguince: Uno o varios ligamentos se estiran demasiado a causa de una torcedura o tirón. Debido a ello, el ligamento se puede desgarrar o romper.
- Desgarro: Un tendón o músculo se estira demasiado.
- Daños de cartílago de la rodilla: El cartílago es un disco que forma de media luna llamado menisco, que funciona como "amortiguador" de la rodilla.
- Desgaste: Esta lesión se presenta en personas que corren o con el paso del tiempo.

Se realizó una encuesta a dos fisioterapeutas del IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social) y la clínica Morín de la ciudad de Celaya, Guanajuato, México, para conocer tipos de lesiones y tipos de terapias, la encuesta estaba formada por 7 preguntas, las preguntas que se realizaron, tenían como objetivo informar sobre diferentes puntos referentes al tema a investigar, los cuales son:

- ¿Cuántas personas que van a rehabilitación, asisten por alguna lesión de rodilla?
- Dentro de las lesiones de rodilla, ¿cuál es el porcentaje de lesiones de ligamento cruzado?
- Conocer los motivos o causas que provocan la lesión de ligamento cruzado de la rodilla.
- ¿Cuál ejercicio es más eficaz para el tratamiento de la lesión?

- ¿Cuánto dinero invierten las personas por realizar cada sesión de rehabilitación?
- ¿Cuánto es el tiempo que le lleva a una persona de sanar por completo una lesión de ligamento cruzado de rodilla?
- ¿Cuáles son los ejercicios que se realizan para la lesión de ligamento cruzado?
- ¿Conocer el tiempo que las personas dedican al tratamiento de la rehabilitación y si su asistencia es continua?
- Verificar si se lleva un control con cada paciente que sufra la lesión y saber si realiza los ejercicios en casa encomendados por el fisioterapeuta.
- Saber si el uso de las tecnologías móviles funcionaría como una herramienta para el control en las rehabilitaciones con sus pacientes y verificar con que calidad y eficacia se realizan los ejercicios para la recuperación pronta de la lesión sufrida en la rodilla.

Así mismo en esta etapa, se realizó la selección de la población muestra a trabajar, la cual será pacientes que tienen la lesión de rodilla del ligamento cruzado del IMSS y el centro de rehabilitación Clínica Morín.

Desarrollo de la aplicación móvil

Se usó la metodología de programación extrema (XP) para la elaboración de la aplicación móvil, por lo que permitía adaptarse a los cambios de requisitos en cualquier punto del proyecto y aplicarlo de manera dinámica durante el ciclo de vida del software:

- **Fase de exploración:** En esta fase, con la información recabada por las encuestas a los expertos, se estableció que la investigación se centraría en un tipo de lesión y su consecuente rehabilitación, buscando y recabando información de estadísticas y porcentajes que fueron significativos al momento de elegir la lesión para desarrollar la aplicación. Se determinaron las tecnologías que se encuentran presentes para el proyecto, como los modelos de los *smartphones* y las versiones de sistemas operativos que hay o son usados por los fisioterapeutas.

- **Fase de planeación:** La aplicación se desarrolló para los *smartphone* con sistema operativo Android, basado en el lenguaje JAVA y con la plataforma de Android Studio. La aplicación reside con el nombre de "RehabilitAPP" donde se hace énfasis en las palabras rehabilitación y aplicación, englobando así, los dos temas centrales del experimento.

El tiempo estimado que se estableció para programar la aplicación fue de 2 semanas. Se contaron con los recursos como un *smartphone* para las pruebas, el modelo era un Motorola RAZR HD, una laptop para programar la aplicación móvil y para la recolección de datos arrojados después de cada sesión de ejercicios.

Para el uso de la aplicación en otros *smatphones*, debían contar con las siguientes características: Sistema operativo Android (desde la versión 4.4.2 hasta 6.0), Pantalla AMOLED o IPS de 4 pulgadas en adelante, Procesador dual-core a 1 GHz mínimo, 512 Mb en adelante de memoria RAM, Almacenamiento desde 8 Gb en adelante, Conectividad WiFi y Contar con giroscopio y acelerómetro. Además, el experimento que se realizó contaba con una plataforma física, la cual tenía función de sujetador para el dispositivo móvil y poderse instalar en tobillo del paciente para iniciar con las mediciones de los grados obtenidos en las flexiones, como se muestra en figura 2.



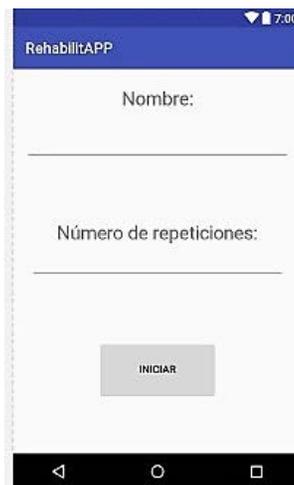
Fuente: amazon.com.

Figura 2 Elemento para fijar el dispositivo en la rodilla.

- **Fase de diseño:** Developers [2015], es la guía oficial de Android y presenta en su plataforma toda la información técnica del uso de sensores incluidos

en las diferentes versiones del sistema operativo, en ella se puede encontrar ejemplos básicos de cómo funcionan los sensores, a partir de esta información se puede construir una aplicación base.

La aplicación móvil que se realizó cuenta con tres formularios (layouts), donde el primero es para registrar el nombre del paciente y el total de flexiones a realizar en la rehabilitación, como se muestra en la figura 3, el segundo layout, en donde se muestra un número y un contador, como se puede observar en la figura 4, con el fin de contar el total de repeticiones que se está realizando y el ángulo de apertura y cierre de la flexión.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3 Pantalla de captura de datos del paciente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Pantalla de conteo de las repeticiones.

Para que la aplicación pueda leer los ángulos de las flexiones, ésta interactúa con el giroscopio, que es un componente electrónico que ayuda a mantener la orientación del dispositivo móvil, por medio de una API de Android. La API nos permitió implementar las funciones y procedimientos que engloban en nuestro proyecto sin la necesidad de programarlas de nuevo. El último *layout* es para los aplicadores del experimento, para observar de manera más amigable los resultados arrojados al término del ejercicio, como se muestra en la figura 5.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Pantalla que muestra el resultado promedio de la eficiencia de las repeticiones.

- **Fase de pruebas.** Una vez codificada la aplicación móvil se continuó a la fase de pruebas, donde la aplicación se sometió a varias pruebas para asegurar su funcionamiento y los resultados que arrojaba. La primera prueba consistía en ejecutar la aplicación en un *smartphone* con Android 4.4.2 y determinar fallos de inicio. Después de iniciarse, se realizó una prueba de ingreso de datos, una vez ingresados los datos el *smartphone* se posicionó de manera vertical, con ayuda de un transportador (regla geométrica auxiliar en la medición de ángulos), realizando movimientos laterales e inclinados, para observar si los resultados que emitía eran correctos. Si los resultados eran erróneos o se llegará a notar que el funcionamiento es distinto a lo establecido, se regresaba a la fase de diseño para corregir los errores.

- **Liberación del proyecto.** Para dar como liberado el proyecto, se realizaron cinco pruebas a la aplicación, como ya se mencionó en la fase de pruebas. Comparando los resultados con cada prueba y ver si los resultados arrojados eran similares. Una vez que llegó a un punto de aceptación, se definió como terminada y lista para su uso.

Experimento y recolección de datos

Para la realización del experimento se utilizó una muestra de dos personas, una del IMSS y la otra de la clínica Morín, que sufrían de la lesión de ligamento cruzado de rodilla.

Durante la aplicación del experimento se ponía el *smartphone* en la posición indicada del tobillo y se verificaba su orientación a 0° para iniciar con el ejercicio. El ejercicio consiste que el paciente esté sentado al borde de la camilla y con la espalda recta, realizar movimientos de estirar y flexionar la rodilla lesionada, formando un ángulo de 0° a 90° sin rebasar los límites para que el ejercicio sea efectivo, como se muestra en la figura 6, haciendo las flexiones que el fisioterapeuta indique. Una vez terminado con la sesión de flexiones, la información arrojada por la aplicación se recolectaba y se almacenaba en un archivo Excel por medio de una computadora. Ahí se metían los datos y sumaba los resultados de las demás sesiones. Al finalizar todo el experimento, los datos almacenados se sumaban y se dividían por los días que se hizo los ejercicios, arrojaba como resultado un promedio que nos indicaba la efectividad que tenía el paciente al realizar los ejercicios.



Fuente: [Nobius 2017].

Figura 6 Ejercicio de Apertura y Cierre.

Análisis de datos

La aplicación fue probada por el especialista Alejandro González Martínez del IMSS en donde puso a prueba la aplicación en el ejercicio mediante el ojo clínico del experto. El ojo clínico es la capacidad del médico que se aprende con la experiencia de "ver" inmediatamente los problemas del paciente e intuir que está sucediendo y las posibles soluciones.

Para analizar los datos y la aplicación fuera avalada por el especialista, se hicieron los ejercicios, el fisioterapeuta anotaba en una hoja los ángulos que realizaba el paciente y en otra hoja los resultados que se obtenían por medio de la aplicación. Al final de la sesión se hizo una comparación entre los resultados del fisioterapeuta y de la app, con la finalidad de evaluar las diferencias entre la forma de medir automatizada y la utilizada en clínica. Los resultados de ambos fueron similares, teniendo diferencias poco significativas, de 1° a 7°, como se muestra en la tabla 1. Con el análisis de los primeros datos y la aprobación de la aplicación móvil, se continuó con el experimento con los pacientes registrando ya solamente los datos mediante el *smartphone*. Los datos finales se analizaron con t-student, para corroborar que era datos de una muestra homogénea, y con ello validar la hipótesis planteada.

Tabla 1 Comparativa de los resultados de la app y el fisioterapeuta.

Número de repeticiones	Resultados de la aplicación	Resultados fisioterapeuta.
1	87	85
2	78	83
3	88	90
4	90	90
5	79	84
6	82	78
7	83	80
8	74	77
9	93	90
10	88	90

Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados

Resultado de los fisioterapeutas sobre la encuesta

Al establecer el nivel de impacto de las lesiones en rodilla, Ibarra [2013: 56], establece en su reporte preliminar sobre enfermedades y traumatismos del Instituto

Nacional de Rehabilitación que se atendieron, 776 casos referentes a lesiones alrededor de la rodilla y que de éstos el 34.17% correspondían a lesiones específicas que requerían cirugía y/o rehabilitación terapéutica.

Los datos iniciales del levantamiento de investigación, sobre la encuesta realizada a los fisioterapeutas, permitieron establecer que de las personas que sufren alguna lesión de rodilla, el 100% va a las terapias hasta terminar, debido a que tienen interés por sanar y darle un cuidado adecuado a su tratamiento de rehabilitación.

En la etapa de "establecimiento del estado del arte", se obtuvieron las respuestas al aplicar el cuestionario diseñado.

De los dos fisioterapeutas que se les aplicó la encuesta hacían mención que de 20 personas que iban a rehabilitación, el 20% (4 personas) son por lesiones de rodilla. Mencionaban que la mayoría de esas lesiones son provocadas por la práctica de algún deporte, normalmente por el fútbol. Hacían mención que la lesión más común que se presenta en la rodilla, era la del ligamento cruzado. Ambos decían que uno de los ejercicios más eficaces para tratamiento de la lesión son flexiones de 90°, que se explica en metodología en fase de aceptación.

Resultados del experimento

Para tener la veracidad de los resultados que arrojaba la aplicación móvil, se hizo la prueba realizando el ejercicio de apertura y cierre, que consiste en levantar y bajar la pierna como se muestra en la figura 6, registrando el resultado que la aplicación daba y el resultado del fisioterapeuta, como se muestra en la tabla 1. Se compararon los dos resultados, indicando que el ejercicio tenía una efectividad del 93.5%. (La efectividad de la aplicación se medía por el ángulo que lograba el paciente en cada repetición y se promediaban estos resultados) y la del fisioterapeuta un 95%. El fisioterapeuta utiliza una de dos técnicas para establecer la efectividad, una de ellas es subjetiva a su ojo clínico y la otra un poco más científica, ya que el paciente se colocaba junto a una escala graduada con los ángulos y en base a observación visual registraba el ángulo, esta información nos arrojó un margen de diferencia en el experimento del 1.5%, lo que nos permitió concluir que los resultados obtenidos mediante la aplicación son correctos.

En la tabla 2 se muestra el seguimiento durante las cinco semanas que duró el experimento, en cada una de ellas se realizó un conjunto de tres sesiones de terapia, asignándoles un color, para indicar el resultado que obtuvo el paciente en las dos clínicas que ayudaron a este proyecto. En la segunda parte de la tabla (lado derecho) se muestra el promedio de la calidad del ejercicio, estos datos fueron obtenidos a partir de la aplicación móvil.

Tabla 2 Registro de avance de los pacientes de prueba durante las 15 sesiones.

Sesiones.	IMSS		Clínica Morín		Promedio por semana.	
	IMSS	Clínica Morín	IMSS	Clínica Morín	IMSS	Clínica Morín
1	75	70				
2	71	76				
3	78	75				
4	80	79				
5	83	82			84.33333333	78.66666667
6	90	83				
7	92	90				
8	87	86			91.33333333	86.66666667
9	95	84				
10	95	87				
11	85	83			92	88
12	96	94				
13	97	93				
14	95	87			91.66666667	91.66666667
15	83	95				
Total			86.8	83.73333333		

Fuente: Elaboración propia.

Resultado de los pacientes que usaron la aplicación móvil

El experimento se aplicó a dos hombres de 26 años uno de cada una de las clínicas antes mencionadas, ambos tenían un tiempo de comenzada su rehabilitación similar, aunque esto no es importante debido a que lo que se busca es establecer la eficiencia con la que realiza los ejercicios. Los resultados del experimento fueron los siguientes:

- Paciente del IMSS.** El paciente del IMSS en las tres sesiones, la aplicación móvil estableció que su efectividad era del 74%, al no cumplir la meta de 90° de la flexión, conforme avanzaba el experimento, se notaron leves mejorías del paciente al hacer los ejercicios, teniendo una mayor efectividad en sus ejercicios, como se muestra los resultados en las estadísticas de la tabla 2.

Al fin del experimento el paciente tuvo un 86.8% de efectividad en los ejercicios que se realizaron.

- **Paciente de la clínica Morín.** Al igual que el paciente del IMSS las tres primeras sesiones el rendimiento reportado por la app fue inferior al buscado en la rehabilitación obteniendo una efectividad del 73.6%. En las demás sesiones restantes, se notó una mejoría en sus sesiones, haciendo correctamente el ejercicio. Al final del experimento obtuvo un 83.7% de efectividad en sus ejercicios, como se muestra en la tabla 2 el gráfico de las demás sesiones.

Como se pueden apreciar las estadísticas de la tabla 2, los resultados fueron muy similares entre los dos pacientes, indicando así que la aplicación es efectiva como herramienta de rehabilitación y así poder tener un mejor control con las terapias.

Se realizaron 15 sesiones efectivas a cada paciente, los resultados se iban registrando en una tabla, como se muestra en la tabla 2. Con base a los resultados obtenidos durante la etapa de experimentación, la aplicación móvil tuvo un 98.5% de exactitud en la medición de los ángulos de las flexiones. Además, cabe mencionar que las sesiones fueron controladas por el fisioterapeuta, para que los ejercicios se realizaran de forma correcta y diera el visto bueno de los resultados que la aplicación arrojaba.

4. Discusión

Este proyecto comenzó con el planteamiento de la hipótesis "Una aplicación móvil puede medir en un 90% de precisión los ángulos de apertura y cierre de un ejercicio de flexión, en una rehabilitación de rodilla", en este sentido se diseñó un experimento que permitirá establecer la veracidad de la hipótesis.

El proyecto permitió establecer posibles beneficios del uso de esta investigación en cuestiones económicas, el fisioterapeuta de la clínica Morín, ubicada en la ciudad de Celaya, mencionó el costo de cada sesión entre \$200 y \$400 M/N, y que, en algunos casos, las sesiones tienen un costo extra por el implemento de una medicina para el tratado del dolor. El especialista del IMSS también hizo mención

sobre las sesiones, en donde no tienen ningún costo, si la persona está inscrita al seguro social. Lo cual da una perspectiva que la realización de este experimento podría ayudar a personas que no cuentan con los recursos necesarios para asistir a terapias particulares y/o no están afiliados con el IMSS, y las personas puedan hacer la rehabilitación desde sus casas.

Desde otra perspectiva el proyecto puede ayudar al fisioterapeuta a tener un mejor control con sus pacientes en las sesiones de rehabilitación y llevar el registro exacto del nivel de mejoría o calidad del ejercicio, en algunas ocasiones el paciente miente o no realiza la cantidad de ejercicios o los hace de forma errónea.

Consideramos que esta aplicación podría tener muchas mejoras, las cuales serían que la aplicación sea capaz de medir otro tipo de ejercicio que se realice, además de hacer una recomendación con algún centro de rehabilitación y/o fisioterapeuta, proporcionando la dirección o ubicación del lugar. Los resultados obtenidos de ejercicios, en primera instancia acreditan y dan consistencia a la formulación de la hipótesis planteada, en donde dicta que la aplicación móvil calcula acertadamente un 90% la medición de los ángulos y los resultados nos indica que se diagnostica correctamente problema en un 100%, sin embargo, para darle validez debido a que la muestra es pequeña se utilizó el método estadístico t-student para validar los resultados. Mediante el uso de t-student se obtuvo un valor dentro del rango que establece que la muestra fue homogénea y con ello se valida que el 1.5% de diferencia entre resultados es favorable para aceptación de hipótesis.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Cerdeño E. (2013). Evolución y revolución en la telefonía. 10/10/2018, de Sistema Digital de Gestión Bibliotecaria: <https://goo.gl/MaLVFh>.
- [2] Cerdeño J; Chamon I. (2010). Protocolo de ejercicios para el dolor de rodilla. 10/10/2018, de eFisioterapia: <https://goo.gl/xU2oGg>.
- [3] Developers. (2015). Motion Sensor, de API Guides: <https://goo.gl/7dmsLm>.
- [4] Góngora L; Rosales C; González I; Pujals N. (2003). Articulación de la rodilla y su mecánica articular. Cuba: Laboratorios de Anticuerpos y Biomodelos Experimentales: <https://goo.gl/a13avb>

- [5] Guevara A. (2010, agosto). Dispositivos móviles. Revista Seguridad UNAM, 7, 3-7.
- [6] Ibarra L. (2013). Las enfermedades y traumatismos del sistema músculo esquelético. Un análisis del Instituto Nacional de Rehabilitación de México como base para su clasificación y prevención. México: Secretaria de Salud:
<https://goo.gl/szWwVv>
- [7] Nobius (2017). Ejercicios para fortalecer las rodillas en casa:
<https://goo.gl/Aw2zMG>.