

# Rehabilitación física de pacientes: una solución móvil para facilitar los ejercicios de fisioterapia básicos

## Physical rehabilitation of patients: a mobile solution to facilitate basic physiotherapy exercises

Vladimir Villarreal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Tecnologías Computacionales Emergentes, Universidad Tecnológica de Panamá, Chiriquí

<sup>1</sup>vladimir.villarreal@utp.ac.pa

**Resumen**— No cabe la menor duda que desarrollar soluciones que faciliten la realización de actividades de terapia desde casa, son un factor apremiante en nuestro entorno social. En un mundo donde la tecnología móvil adquiere cada vez más importancia, nuestro país no puede quedar lejos de estos avances, el uso del dispositivo móvil como una herramienta para apoyo en el proceso de rehabilitación debe ser permitido. En este trabajo se presenta una propuesta que esquematiza el desarrollo de una aplicación que ayuda a la realización de actividades fisioterapéuticas de un paciente, desde la comodidad de su hogar, previo análisis y recomendación de su médico. La aplicación genera informes de los resultados de esas actividades físicas tanto para el paciente como para su médico que pueden ser visualizados a través de un teléfono móvil. Se integra aquí una clasificación ontológica de dispositivos móviles y un estudio previo del impacto del desarrollo de esta tecnología en nuestro país.

**Palabras claves**— Computación móvil, computación ubicua, ingeniería de software, ontologías, rehabilitación física, terapia móvil.

**Abstract**— There is no doubt that developing solutions to facilitate the completion of therapy activities from home is a needed factor in our social environment. In a world where mobile technology is becoming increasingly important, our country cannot stay away from these advances, the use of a mobile device as a support tool in the rehabilitation of people must be available. This paper presents a proposal outlining the development of an application that helps physiotherapy activities of a patient be done from the comfort of his/her home, following the diagnose and prescription a doctor. The application generates reports of the physical activities for both the patient and for the doctor that can be viewed via a mobile phone. This paper includes an ontological classification of mobile devices and a previous study of the impact of the development of this technology in our country.

**Keywords**— Mobile computing, ubiquitous computing, software engineering, ontologies, physical rehabilitation, mobile therapy.

**Tipo de artículo:** Original

**Fecha de recepción:** 4 de marzo de 2016

**Fecha de aceptación:** 7 de abril de 2016

### 1. Introducción

A medida que transcurre el tiempo, los dispositivos móviles evolucionan y son capaces de ejecutar procesos más exigentes, lo que ha desatado un sinnúmero de aplicaciones para las diferentes presentaciones de dichos dispositivos, saltando a solucionar problemas en diferentes campos, como el académico, empresarial y hasta personal.

Es posible que el avance casi exponencial de la tecnología celular, no permita ver fácilmente las ventajas que esta tecnología móvil puede ofrecer en un momento dado.

La necesidad de integrar tecnologías en diferentes entornos, nos lleva a explorar el avance tecnológico móvil en Panamá, y así tener una idea más clara de cómo sacar el máximo provecho de todas estas tecnologías

actuales, en el mejoramiento de componentes móviles, que ayuden en la cobertura o asistencia de servicios médicos soportados a un área no muy común como lo es la fisioterapia.

Estas afirmaciones nos generan algunas interrogantes, objeto de estudio en este proyecto, como lo son:

- ¿Qué ventajas nos trae todo este tipo de avance tecnológico en Panamá y la disponibilidad creciente de conexión a internet?
- ¿Son aprovechadas todas estas herramientas en Panamá, en el sector salud, para ofrecer una solución a las personas con necesidad de seguimiento médico?

#### 1.1 Estudio de porcentaje de personas con celular y necesidad de rehabilitación en Panamá

En la tabla 1, notaremos la cuantificación de la población panameña que poseen un celular, o poseen un dispositivo inteligente “Smartphone”, que le ayuda a desarrollar sus actividades diarias, de acuerdo a su necesidad [1].

**Tabla 1.** Proporción de hogares con telefonía celular, según provincias y comarcas indígenas. Fuente: Censo de 2010

Provincias y comarcas indígenas	Proporción de hogares con telefonía celular (%)
<b>Total</b>	<b>83.9 %</b>
<b>Provincias</b>	
Bocas del Toro	72.7 %
Coclé	77.1 %
Colón	85.6 %
Chiriquí	85.6 %
Darién	71.7 %
Herrera	81.8 %
Los Santos	80.5 %
Panamá	90.8 %
Veraguas	70.9 %
<b>Comarcas indígenas</b>	
Kuna Yala	46.5 %
Emberá	37.3 %
Ngöbe Buglé	26.9 %

Como se puede notar la gran parte de nuestra población cuenta con un dispositivo móvil dentro de la gama baja, media y alta, lo que se traduce en una posibilidad de desarrollar soluciones móviles que faciliten el seguimiento y control de las actividades de rehabilitación de un paciente.

Este cuadro nos permite ver como se encuentra la tendencia tecnológica móvil, a nivel local. Los cambios tecnológicos han fomentado el acceso y uso de la telefonía celular, permitiendo ampliar la oferta y disminuir los precios.

Por otra parte, la posibilidad de pre-pagar el servicio, no solo de voz sino de data, ha permitido a los usuarios tener acceso a tarifas más bajas y aprovechar la funcionalidad de los nuevos equipos, sin mayores diferencias con los que formalizan un contrato. Estas facilidades a los usuarios son el resultado de la competencia que se presenta en el mercado entre los cuatro operadores existentes [2].

Luego de evaluados estos resultados, podemos notar que el desarrollo de una aplicación móvil para ayudar en la rehabilitación de las personas que necesitan o requieren atención médica, es viable técnicamente con respecto al uso de un dispositivo móvil.

Es notable que un dispositivo inteligente no reemplazará las funciones que hace un especialista

médico, nuestro principal objetivo es que el dispositivo ayude al paciente o usuario, a que pueda hacer los ejercicios de la manera correcta, y que dichos ejercicios sean registrados de manera que el paciente pueda guardar los resultados, para luego poder tener una constancia de la repeticiones que realiza y de los ejercicios desarrollados en un periodo determinado.

Esta solución se ofrece como una manera de asistir al paciente, dado que el servicio de fisioterapia en Panamá está compuesto de un gimnasio que permite al paciente el desarrollo de técnicas de tratamiento para la estimulación del movimiento de ambulación.

**Tabla 2.** Detalle de servicios médicos en nuestro país, prestando principal atención a los aspectos de rehabilitación  
Fuente: Informe estadístico de servicios especiales de habilitación de 2012

Disciplina	Población beneficiada	Profesionales
<b>Total</b>	<b>92,729</b>	<b>270</b>
<b>Técnico</b>	<b>87,930</b>	<b>257</b>
Fisioterapia	6,902	38
Psicología	10,877	40
Fonoaudiología	10,492	35
Laboratorio de moldes	249	1
Prueba audiológica	449	1
Trabajo social	10,474	36
Terapia ocupacional	4,963	24
Estimulación temprana	43,039	80
Consejería en rehabilitación	485	2
<b>Médico</b>	<b>4,799</b>	<b>13</b>
Foniatría	230	13
Medicina en rehabilitación	643	1
Neurólogo	225	1
Oftalmólogo	353	1
Ortopeda	355	1
Otorrinolaringología	90	1
Pediatría	96	1
Psicopedagogo	124	1
Salud Bucal	1,677	3
Optometrista	374	1
Enfermería	632	1

En la tabla 2, se muestra un detalle de los servicios técnicos que se realizó en el 2012, con el fin de poder determinar cuánta población es la beneficiada de estos procesos médicos, lo que nos demuestra que las áreas de fisioterapia y medicina en rehabilitación tiene un alto porcentaje de población beneficiada con respecto a otras disciplinas.

## 1.2 Objetivos funcionales de la propuesta

Los objetivos funcionales de la propuesta se enmarcan en los siguientes puntos:

- Ofrecer una aplicación para teléfonos inteligentes “*Smartphones*”, que permitan ayudar a las personas que necesitan rehabilitación física, en el desarrollo de sus ejercicios.
- Contactar a profesionales en el área de la fisioterapia que nos brinden la información necesaria sobre los distintos tipos de rehabilitación según el tipo de lesión.
- Analizar formalmente todos los procesos involucrados en distintas terapias de rehabilitación y poder llevar un control de todo el historial del paciente, para poder en un momento dado, al momento de asistir a una cita, brindarle todos esos datos al profesional supervisor, mediante el dispositivo móvil.

Para cumplir estos objetivos funcionales es necesario:

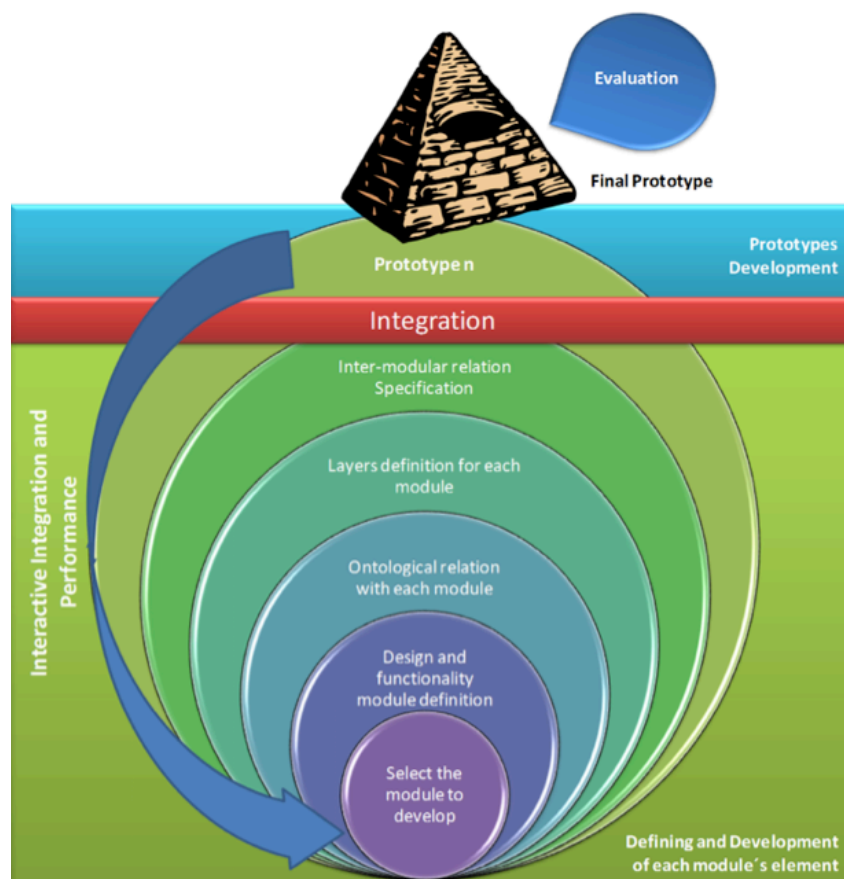
- Determinar cuáles son los tipos de ejercicios de rehabilitación que se implementan actualmente.
- Analizar y modelar formalmente todas las actividades que se deben realizar de acuerdo al tipo de ejercicios de rehabilitación que se necesiten y de acuerdo a la necesidad del paciente.
- Diseñar una Base de Datos que pueda registrar, de manera remota, todos los resultados realizados en cada actividad involucrada en la rehabilitación del paciente.
- Diseñar un sistema móvil que implemente los procesos necesarios de ejercicios de rehabilitación los cuales utilizará el paciente, y le recuerde el control de dichas actividades.
- Implementar un sistema móvil que implemente los procesos necesarios de ejercicios de rehabilitación los cuales utilizará el paciente, y le recuerde el control de dichas actividades.
- Capacitar al profesional fisioterapeuta en la utilización del sistema móvil, para que a su vez, lo pueda utilizar en los pacientes que la necesiten.

## 2. Desarrollo de la aplicación siguiendo el marco de desarrollo MoMo

Esta aplicación se está desarrollando con base en el marco de trabajo (framework) para el desarrollo de aplicaciones móviles MoMo [3][4]. El ciclo de desarrollo propuesto nos permite obtener diferentes prototipos funcionales que definen cada elemento o módulo que componen la aplicación final (figura 1).

Los pasos del marco de desarrollo son los siguientes:

- Selección del módulo a aplicar: se diseña la estructura funcional de cada módulo que formará parte de la aplicación final. Cada módulo tiene una funcionalidad específica, basada en un diseño global asociado.
- Definición de patrones de diseño: definición de las estructuras físicas de cada patrón asociado a cada módulo que se ejecutará. Especifica la representación visual de cada uno de los diseños de módulos.
- Definición de patrones funcionales: define los roles y las relaciones de cada uno de los módulos de la aplicación.
- Relación ontológica de cada módulo: especifica las ontologías que participan o son utilizadas por cada módulo, así como la relación entre otros elementos de la arquitectura.
- Determinación de las capas de donde viene el módulo: define la capa funcional de cada módulo, relacionándolo con la capa del modelo, definida por el marco.
- Determinación de la relación entre capas: define la relación entre cada uno de los módulos desarrollados, lo que permite la interoperabilidad entre cada uno de ellos.
- Integración de todos los elementos: para la obtención del prototipo a evaluar. Se obtiene en este paso, un primer prototipo.
- Evaluación del prototipo: esto permite la evaluación de diseño funcional y visual de la aplicación generada, proporcionando retroalimentación para la mejora de la arquitectura.
- Rediseño de los elementos para la generación de un nuevo prototipo: aquí es donde la funcionalidad del prototipo obtenido, discute su rediseño según los pasos iniciales. Comienza todo el proceso, cada vez que se corrigen problemas de diseño y funcionalidad.



**Figura 1.** Desarrollo de la aplicación FiTeMo basado en el marco de desarrollo MoMo con cada uno de los pasos para el desarrollo de sus elementos.

## 2.1 Distribución y clasificación ontológica de los dispositivos móviles

El desarrollo de ontologías para dispositivos ha sido abordado en algunas ocasiones, cada una de ellas ajustándose a las necesidades del momento. Por un lado la FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) [5] ha definido una estructura ontológica, para facilitar la comunicación entre agentes, decidiendo si se usan ontologías explícitas, declarativamente representadas o las que implícitamente son codificadas con la puesta en marcha del *software* real.

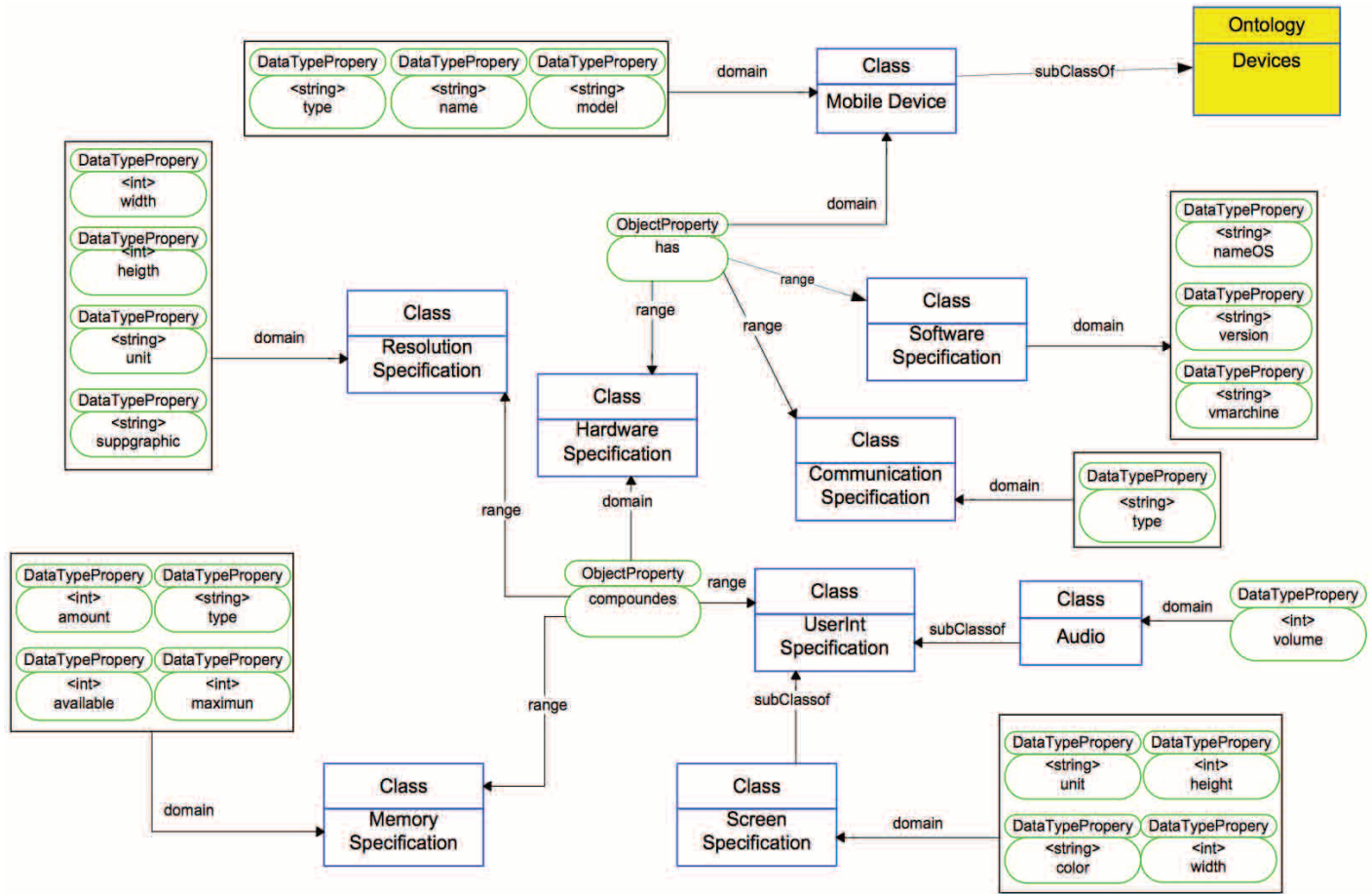
Hay también los ejemplos de modelos de dispositivo genérico [6][7] que incluye mecanismos para descripciones de dispositivo crecientes. Para nuestra intención cada una de las ontologías evaluadas, carecen de una funcionalidad específica al momento de ser aplicadas exclusivamente a un entorno de rehabilitación de pacientes.

Para facilitar el desarrollo de la aplicación propuesta, nos basaremos en el modelo ontológico MoMontology [8][9] que presenta una clasificación de todos los posibles elementos que se deben tomar en cuenta al momento de desarrollar soluciones móviles adaptables a cualquier dispositivo móvil.

Para modelar los diferentes servicios y elementos que componen el marco, vamos a definir cada uno de los elementos que intervienen en el desarrollo de lenguajes de la arquitectura de *software* basado en *web* semántica (*OWL*).

Basado en los pasos que componen el desarrollo de las ontologías definidas por METHONTOLOGY [10] [11] y para un mejor entendimiento de cada uno de los elementos de la aplicación, hemos basado el desarrollo en la clasificación de dispositivos móviles que presenta MoMontology. En la figura 2 se muestra la clasificación ontológica antes mencionada.





**Figura 2.** Clasificación ontológica de dispositivos móviles para facilitar el desarrollo y adaptabilidad de aplicaciones móviles.

Esta ontología clasifica los dispositivos móviles según sus capacidades de *hardware*, *software* y comunicación o red. Estos tres elementos son los aspectos que definen la funcionalidad de la aplicación desarrollada.

El elemento más importante a la hora de desarrollar aplicaciones móviles son las especificaciones de *hardware*. Es necesario contemplar aspectos como:

- Especificaciones de resolución (*Resolution Specification*), para que las aplicaciones desarrolladas sean adaptables a cualquier tipo de pantalla (aspecto tamaño).
- Especificaciones de memoria (*Memory Specification*), para poder definir las distribución modular de la aplicación, y así establecer los elementos que se ejecutan en primer plano y segundo plano (aspecto almacenamiento).
- Especificaciones de interfaz de usuario (*UserInt Specification*) que define las especificaciones de pantalla y audio, que son recursos utilizables en el desarrollo de aplicaciones móviles (aspecto forma).

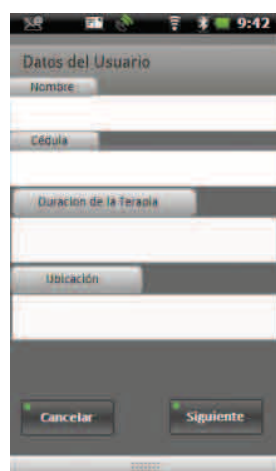
### 3. Propuesta para la rehabilitación móvil de pacientes: FiTeMo

Luego de evaluados todos los aspectos sociales y técnicos, se plantea desarrollar una aplicación móvil basado en la plataforma *Android* [12], con el fin de que funcione en los dispositivos con la versión 4.1 o superior de *Android*, que tenga un interfaz que permita conocer los datos generales del paciente, como lo son nombre, cédula, entre otros como se muestra en la figura 3(a).

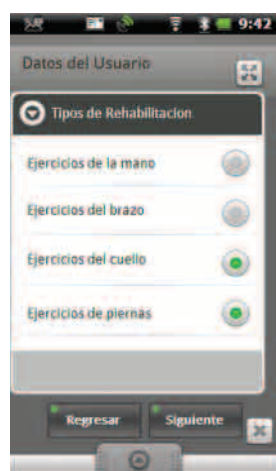
Dado estos datos, el paciente procederá a otra interfaz, la cual le pedirá al paciente, que determine qué tipo de necesidad de rehabilitación (ejercicio) es la que tiene que desarrollar, para que así la aplicación proceda

a demostrarle al paciente como serán los ejercicios que deberá hacer (figura 3(b)). Al momento que el paciente conoce el ejercicio que debe hacer la aplicación definirá cuál es la magnitud o grado del ejercicio, para que así proceda a indicarle cuántas series tiene que hacer (figura 3(c)). Dado esto el dispositivo quedará en una interfaz de recolección de datos, contado las repeticiones del ejercicio, ya que así le dirá al paciente, si ha logrado hacer la cantidad de repeticiones necesarias.

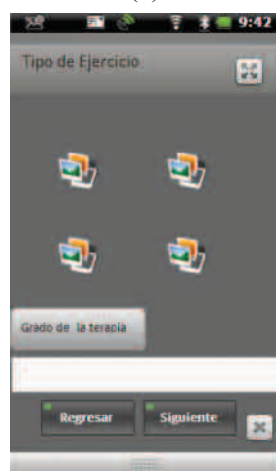
Cuando el paciente termina de hacer la serie o rutina de ejercicios (figura 3(d)), la aplicación le mostrará en una nueva interfaz sus resultados, y serán almacenados en tiempo real, desde la hora que empezó la sesión hasta el momento que terminó (figura 3(e)). Previamente el paciente debió indicar al momento de llenar sus datos, cuánto fue el período que el especialista le recomendó a hacer la terapia. Esto se hará, porque la aplicación también servirá como asistente y le recordará al paciente,



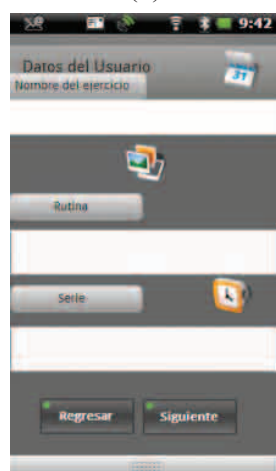
(a)



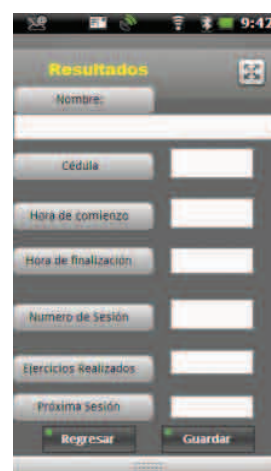
(b)



(c)



(d)



(e)

**Figura 3.** a. Captura de datos del paciente, b. Captura del tipo de ejercicio, c. Selección del grado o dificultad de la terapia, d. Captura de los datos resultantes del ejercicio: serie y rutina, e. Muestra de resultados.

periódicamente, el momento que debe empezar a realizar la sesión.

Esta aplicación le será recomendada al paciente por el profesional fisioterapeuta, que lo atienda en su primera sesión, ya que dependiendo el grado de rehabilitación, podrá el profesional indicarle la frecuencia con la que tendrá que asistir al centro médico para el conocer el avance de la persona, según los datos almacenados por la aplicación en cada una de las repeticiones de ejercicios de rehabilitación que se le ha recomendado desarrollar.

Esto servirá como herramienta al profesional, y a su vez como asistente al paciente, ya que las sesiones tienen un valor económico considerable, lo ideal sería que con esta aplicación pueda reducirse esa cantidad de sesiones, a la mitad, y así poder generarle un ahorro al paciente, que podría ser utilizado en otros tratamientos.

#### 4. Conclusiones

Facilitarle a los pacientes herramientas necesarias para dar un soporte a una necesidad de rehabilitación, se traduce en la reducción de costos y tiempo, que pueden ser invertido en el desarrollo de nuevas actividades.

El desarrollo de la aplicación propuesta está basado en el marco de trabajo para el desarrollo de aplicaciones móviles MoMo, que define como se implementan interfaces gráficas para desarrollar aplicaciones para seguimiento de pacientes, una clasificación ontológica de los posibles

elementos utilizados y una distribución en capa de todos los elementos programables en una aplicación.

La cantidad de dispositivos móviles que existen en nuestro país, nos permite dar soporte a una gama de versiones y modelos con características técnicas de procesamiento, almacenamiento y comunicación muy altas.

Estamos seguros que una vez en ejecución, nuestra aplicación, beneficiará a un gran número de personas que en muchas ocasiones no pueden asistir a una sesión de rehabilitación, ofreciéndole una herramienta alterna ante esta problemática.

Existen las capacidades técnicas, de comunicación y operativa, nos toca integrarlas en una sola aplicación funcional y que irá creciendo con el tiempo.

## 5. Agradecimiento

Este proyecto está siendo apoyado y soportado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) y el Grupo de Investigación en Tecnologías Computacionales Emergentes (GITCE). El autor es miembro del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la SENACYT como Investigador Nacional I.

## 6. Referencias

- [1] Burgos, D. y Echeverry, H. Estado del Arte del Uso de Aplicaciones en Dispositivos Móviles en el Área de Medicina [en línea], <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoanexos/0053B957.pdf> [Consulta: 20 noviembre 2015].
- [2] Contraloría General de la República de Panamá. Instituto Nacional de Estadística y Censo. República de Panamá. Acceso y uso de las tecnologías de Información y Comunicación en Panamá [en línea], <http://estadisticas.contraloria.gob.pa/redpan/sid/docs/documentos%20tematicos/Atlas%20social%20de%20Panama/11%20-%20Acceso%20y%20uso%20de%20las%20tecnolog%C3%ADas%20de%20informaci%C3%B3n%20y%20comuni.pdf> [Consulta 10 Abril 2014]
- [3] Villarreal, V., Laguna, J., López, S., Fontecha, J., Fuentes, C., Hervás, R., López-de-Ipiña, D., Bravo, J. & Villarreal, V. A proposal for Mobile Diabetes Self-Control: Towards a Patient Monitoring Framework. In International Workshop of Ambient Assisted Living (IWAAL'09). LNCS Springer-Verlag, 2009. p. II-870-871
- [4] Villarreal, V., Bravo, J., Hervás, R., Laguna, J., Díez, A., Sánchez, C. & López, S. Diabetes Patients' Care based on Mobile Monitoring. In the IADIS International Conference 2009. Applied Computing 2009. p. 39-43.
- [5] FIPA. FIPA Ontology Service Specification [en línea]. <http://www.fipa.org/specs/fipa00086/XC00086C.html> [Consulta: 30 noviembre 2011]
- [6] Vazquez, J. I., López-de-Ipiña, D. & Sedano, I. SoaM: A Web-powered Architecture for Designing and Deploying Pervasive Semantic Devices. In the International Journal of Web Information Systems 2(3-4), 2006. p. 212-224.
- [7] Terrenghi, L., Quigley, A. & Dix, A. A taxonomy for and analysis of multi-person-display ecosystems. In the Personal and Ubiquitous Computing 2009, Springer-Verlag, 2009. p. 13: 583-598.
- [8] Villarreal, V., Hervás, R., Díez Fdez, A. & Bravo, J. Applying ontologies in the development of patient mobile monitoring framework. In the 2nd International Conference on e-Health and Bioengineering - EHB 2009. IEEE, 2009. p. 241-246.
- [9] Bravo, J., López-de-Ipiña, D., Fuentes, C. & Hervás, R. Enabling NFC Technology for Supporting Chronic Diseases: A Proposal for Alzheimer Caregives. In the European Conference Aml, 2008. LNCS Springer-Verlag, 2008. p. 109-125.
- [10] Arpírez, J.C., Gómez-Pérez, A., Lozano-Tello, A. & Pinto, S. (ONTO)2Agent: an ontology-based WWW broker to select ontologies. In the Workshop on applications of ontologies and problem-solving methods 1998, ECAI 1998. p. 16-24.
- [11] Fernández-López, M. Overview of Methodology for Building Ontologies. In the Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends (IJCAI99). CEUR Publications 1999. p 4/1-4/13.
- [12] Android Developer. The Developer's Guide. [en línea], <http://developer.android.com/index.html> [Consulta: 28 agosto 2015].