

Plataforma de Monitoreo Médico de Adultos Mayores Basada en Cómputo Ubicuo

Marcos José Santana Moctezuma

Universidad de Colima, Av. Universidad #333, (+52) 312 31 61 039,
msantana3@ucol.mx

Erika Margarita Ramos Michel

Universidad de Colima, Av. Universidad #333, (+52) 312 31 61 039,
ramem@ucol.mx

Ricardo Acosta Díaz

Universidad de Colima, Av. Universidad #333, (+52) 312 31 61 039,
acosta@ucol.mx

Resumen

El presente trabajo se enfoca en analizar la problemática a nivel mundial por la que atraviesa la sociedad en relación al envejecimiento demográfico, así como en estudiar soluciones para el apoyo del cuidado de la salud de adultos mayores, basadas en cómputo ubicuo. Para plantear una solución eficiente se analizan casos de estudio previos, relacionados con cómputo ubicuo en áreas de la salud.

Palabras Claves: Adultos mayores, Cómputo ubicuo, Cuidado de Salud.

1. Introducción

Actualmente la población mundial atraviesa por una transición demográfica en la que el grupo de edad avanzada cada vez es mayor mientras que el grupo de jóvenes es menor. Lo anterior da como consecuencia que la proporción de la población en edad laboral sea menor a la población en edad de dependencia dándose así, lugar a transformaciones en

instituciones para responder a necesidades sociales de empleo, vivienda, educación y salud. En este sentido, es de interés para el trabajo que se presenta en este documento, las implicaciones derivadas del envejecimiento de la población en cuanto a la fuerte carga en los sistemas de seguridad social que existirá, específicamente en lo referente a la salud pública. Entre las propuestas para mitigar este problema se encuentran aquéllas que integran sistemas que asisten remotamente en el cuidado de la salud de las personas de edad mayor sin la necesidad de que acudan a instituciones médicas continuamente.

Actualmente en las instituciones de salud pública no se utilizan plataformas para el monitoreo remoto de pacientes. La plataforma de monitoreo médico basada en tecnología de cómputo ubicuo, que en este documento se presenta es precisamente un esfuerzo por apoyar a las instituciones de salud en nuestro país específicamente en la ciudad de Colima.

2. Desarrollo

De acuerdo a las Naciones Unidas [1], el envejecimiento de la población es el proceso en el que los individuos de edad avanzada se convierten en una fracción proporcionalmente mayor en relación a la población total, éste fue uno de los eventos demográficos a nivel mundial más distintivos en el siglo XX y lo continúa siendo en los inicios del siglo XXI. El envejecimiento de la población global también se conoce como “transición demográfica” en el cual la mortalidad y la fertilidad cambian de niveles altos a niveles bajos.

Es evidente que a medida que más personas viven más tiempo, la jubilación, las pensiones y otras prestaciones sociales tienden a extenderse por periodos de tiempo más largos. Esto hace necesario que los sistemas de seguridad social necesiten cambiar sustancialmente con el fin de mantener su eficacia. El aumento de la longevidad también puede resultar en el aumento de los costos médicos y el aumento de la demanda de servicios de salud, ya que las personas mayores suelen ser más vulnerables a las enfermedades crónicas. Datos de las Naciones Unidas [2] revelan que en el año 2012,

16 países alcanzaron un número mayor a 10 millones en su población con edad mayor a 60 años, entre esos países se encuentra México con más de 11 millones de adultos mayores de 60 años, lo que representa el 10% de su población total.

Información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [3] muestra que de igual manera que en el resto del mundo, uno de los cambios más importantes de México ha sido la plena y acelerada transición demográfica por la que atraviesa el país, la cual dio inicio en la década de los treinta debido a los mismos factores que el resto del mundo. Reyes [4], investigador parlamentario de la XL legislatura de la Cámara de Diputados considera que la transición demográfica en nuestro país concluirá en el año 2050. Las variaciones en esperanza de vida y fertilidad habrán implicado profundos cambios en la estructura por edad de la población, donde la cantidad relativa de personas de mayor edad será mayor a la de niños.

Debido al incremento en la población mayor de 65 años, uno de los cambios más notables en las necesidades de vida de los adultos mayores ha sido el aumento de la proporción que vive sola [5], las personas adultas mayores que se encuentran en esta situación se verían beneficiadas al contar con un sistema de monitoreo médico ya que si se presenta alguna emergencia que sea detectada por el sistema, recibirían tratamiento oportuno aumentando su probabilidad y calidad de vida. Como una de las acciones anticipadas que se pueden tomar para lidiar con este problema futuro que se está fraguando en la actualidad. El uso de tecnología puede ser una acción que permita antelarse a los problemas que traerá consigo la transición demográfica. El trabajo planteado en este documento pretende ayudar a mitigar este problema haciendo uso de tecnología, específicamente la referida, como cómputo ubicuo, a través de la cual se puede diseñar e implementar una plataforma de monitoreo médico de adultos mayores.

El cómputo ubicuo es un modelo de interacción en el que el procesamiento de información se integra fuertemente en las actividades y objetos cotidianos, el término “cómputo ubicuo” fue acuñado por Mark Weiser, su idea consistía en llevar la PC estándar hacia una proliferación de dispositivos computarizados interconectados. El cómputo ubicuo

trata de integrar equipos de cómputo en las actividades diarias de las personas a tal grado que estos sean invisibles para el usuario y los utilice como cualquier otro objeto cotidiano.

Con lo anterior, se hace claro, cómo la tecnología de cómputo ubicuo puede apoyar en el monitoreo médico, el uso de una plataforma de monitoreo médico puede ayudar a disminuir la carga en el sistema de salud pública así como brindar un beneficio a la población de adultos mayores, ya que éstos acuden periódicamente a revisiones médicas generales, la frecuencia de las revisiones incrementa cuando el paciente sufre de alguna enfermedad crónica como la diabetes, la implementación de una plataforma como la propuesta en el presente artículo beneficiaría a la población de adultos mayores que tienen la necesidad de dichas revisiones periódicas, ya que les evitaría la molestia de trasladarse a clínicas, además de que su estado de salud general sería monitoreado constantemente lo que aumentaría la probabilidad de identificar anomalías de manera inmediata; la utilización de un sistema como éste también ofrece la ventaja de que los familiares o interesados en el adulto mayor pueden estar al pendiente de éste sin la necesidad de encontrarse en el mismo lugar. De igual manera se contempla la implementación de alarmas que puedan dar aviso a las instancias de salud adecuadas en caso de que el adulto mayor sufra algún percance. Como un beneficio extra, la utilización de sistemas como el planteado, beneficiaría al sector salud ya que disminuiría la carga de pacientes que sólo acuden a revisiones a las clínicas. Cabe mencionar que el monitoreo a través de la plataforma, en ningún momento, sustituirá al médico. En la tabla 1 se muestra una comparativa que evidencia las ventajas que obtienen los adultos mayores al utilizar una plataforma de monitoreo médico basada en cómputo ubicuo.

	Traslados	Información Actualizada	Personas Enteradas del Estado de Salud	Detección de Emergencias Médicas
--	------------------	--------------------------------	---	---

Revisión Tradicional	Periodos Cortos	Sólo el día de la revisión	Sólo el Médico	No Aplica
Monitoreo Médico Ubicuo	Periodos Amplios	Información Continua y Actualizada	Médico, Paciente, Familiares	Detección Inmediata

Tabla 1. Comparativa de revisión médica tradicional y revisión mediante cómputo ubicuo.

2.1 Arquitectura del sistema

Existen diversas investigaciones en los campos relacionados con el cuidado médico mediante cómputo ubicuo, que tienen como propósito documentar diversos matices del cómputo ubicuo en aplicaciones médicas; el análisis de estas investigaciones facilita el desarrollo de nuevas tecnologías y la identificación de problemas abiertos en el área. En [6] se señala la importancia de que una red de área corporal cuente con servicios en la nube, en su caso de estudio se demuestran bastas funcionalidades al integrar servicios en la “Nube” a redes de área corporal. En [7] se menciona que, los aspectos más importantes del monitoreo ubicuo, de personas mayores y pacientes crónicos son la locación, actividad, y parámetros sociológicos y psicológicos. Ya que los Smartphones se han convertido en la plataforma de cómputo más pervasiva de hoy en día, resulta lógico utilizar lo mismo para brindarle ubicuidad al cuidado médico. Existen trabajos de investigación en donde se enfocan en la creación de sistemas de monitoreo médico de bajo consumo de energía y de bajo costo, como se presenta en [8], que propone un sistema de bajo costo para mediciones en tiempo real, compuesto de tres unidades: el sensor, el circuito de interfaz electrónica y la unidad de transmisión de datos. Se utilizan dos tipos de sensores combinados en un solo clip que se sitúa en el lóbulo de la oreja. La transmisión de datos se realiza mediante Bluetooth estándar.

Basándose en las plataformas comentadas anteriormente y en otras analizadas [9],[10],[11], se propone una arquitectura general para el monitoreo médico de adultos

mayores. La arquitectura se compone de dos secciones generales, la primera es la etapa que se encarga de la adquisición de signos vitales del usuario y la segunda es la encargada de administrar la información adquirida en la primera etapa, como a continuación se describen.

a) Adquisición de signos vitales: Se tomarán mediciones de signos vitales mediante un nodo sensor el cual por medio de conexión bluetooth se comunicará con un Smartphone el cual actuará como periférico de adquisición de datos. El Smartphone se encargará de empaquetar la información y enviarla a la segunda etapa, el envío se realizará vía internet ya sea a través de un modem o a través del servicio de internet proporcionado por una compañía celular, dependiendo de cuál sea el medio de conectividad que esté disponible..

b) En la segunda etapa se recibirá en un servidor la información proveniente del Smartphone, la cual será analizada y almacenada. A través de dicho análisis se podrán emitir alertas a los encargados del cuidado del usuario cuando se detecten situaciones de riesgo en el adulto mayor. El servidor también se encargará de administrar la información almacenada para mostrarla a los responsables del cuidado del adulto mayor.

En la Fig. 1 se muestra un esquema gráfico de la arquitectura propuesta para la plataforma de monitoreo médico. En ella puede observarse que hay cuatro diferentes tipos de usuarios, los cuales contarán con interfaces diferentes, el usuario adulto mayor contará con una interfaz sencilla en la que podrá observar datos básicos de su estado de salud, los familiares contarán con acceso a una interfaz que presentará información más detallada, finalmente el médico podrá acceder a una interfaz que le presentará información más compleja de utilidad para él.

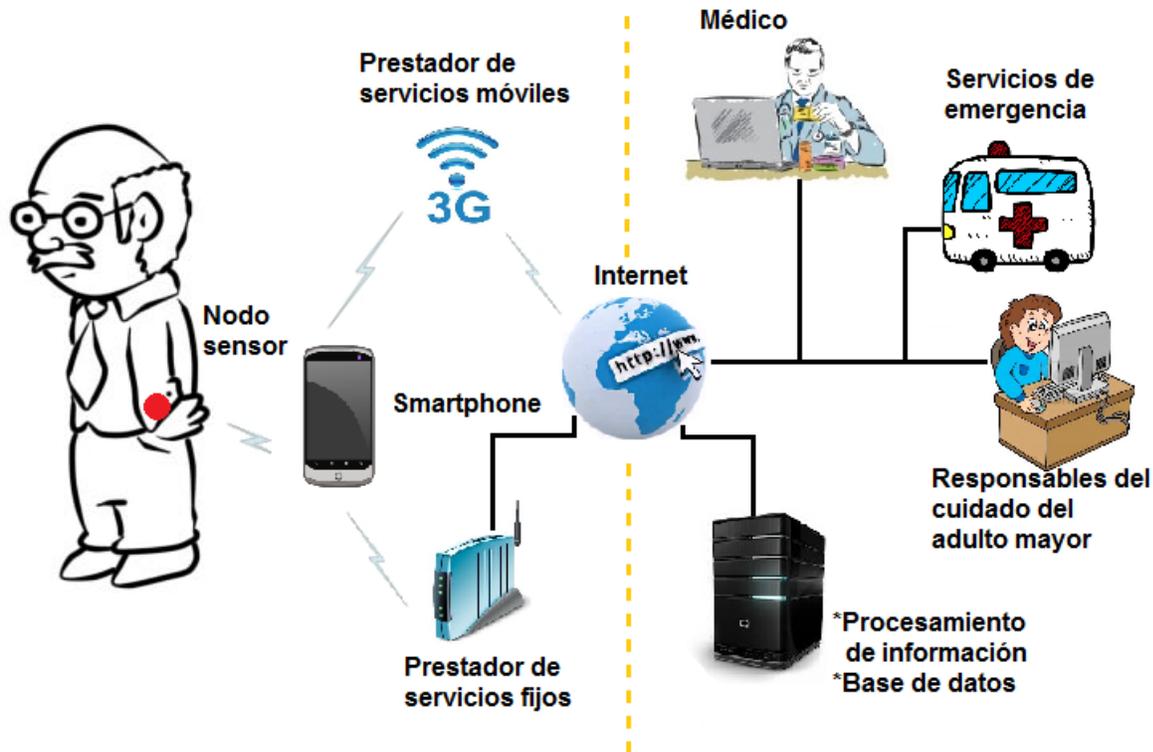


Fig. 1. Arquitectura del sistema de monitoreo remoto propuesto.

2.2 Descripción General del proyecto

El presente proyecto plantea la realización de una investigación en donde se estudie el estado del arte del desarrollo actual de sistemas relacionados con el monitoreo de variables corporales, los cuales puedan ayudar a inferir el estado de salud general de una persona. Este estudio permitirá definir una solución que de manera eficaz y eficiente permita el monitoreo médico de adultos mayores. Se requerirá también de la participación de un médico para que de soporte en el diseño y evaluación de la plataforma.

Como resultado se obtendrá un diseño que permita realizar una plataforma integral para el monitoreo médico de adultos mayores, la cual mediante sensores recolectará información del cuerpo del adulto mayor, dicha información se almacenará en una base de datos. Inicialmente, el médico del paciente, determinará los valores de parámetros de

salud sensados que se consideran normales en el paciente. De esta forma, con el monitoreo constante y análisis en tiempo real de los parámetros de salud que se están sensando, la plataforma podrá inferir el estado de salud del usuario adulto mayor que utiliza el sistema. En caso de presentarse una situación anómala en el estado de salud del adulto mayor, la plataforma enviará alertas, a los responsables de la atención de éste. Las alertas se desplegarán en las interfaces gráficas de todos los usuarios, así como también, se enviarán mensajes SMS a los encargados del cuidado de la salud. A través de tres diferentes interfaces, la plataforma permite que los usuarios de la misma, adulto mayor, responsables del cuidado del adulto mayor y médico, conozcan el estado de salud del adulto mayor, a diferente grado de detalle. Para ello, la información obtenida a través de los sensores, se tendrá que analizar constantemente y desplegarse de manera adecuada para que pueda interpretarse por los diferentes usuarios de la plataforma. Se tiene establecido que la plataforma será administrada por el desarrollador de la misma, quien será el encargado de dar de alta a los médicos que utilizarán la misma. Cada médico será responsable de registrar a su paciente adulto mayor, y establecer los rangos normales de los parámetros de salud de éste a sensarse, así como también, el mismo médico o un asistente se encargará de colocar el nodo sensor al paciente, descargar la aplicación en el dispositivo móvil del paciente y asegurarse de que se sincronice con el nodo sensor, además, se registrará información del responsable del cuidado del paciente para que éste pueda ingresar a la plataforma a través de internet y recibir alertas en su dispositivo móvil.

2.2.1 Caso de uso

Precondición

El paciente ha sido canalizado para el uso de la plataforma médica y el médico ha capturado los datos necesarios.

Secuencia normal

1. El médico solicita al sistema comenzar el proceso de registro del paciente.
2. El sistema solicita que se identifique al usuario (paciente) que se registrará.
3. El médico proporciona al sistema los datos necesarios del paciente.
4. El sistema solicita que se seleccionen los parámetros de medición pertinentes.
5. El médico selecciona los parámetros de medición.
6. El sistema muestra la confirmación de los datos.
7. El médico acepta la confirmación.
8. El médico le da las indicaciones necesarias sobre el uso del sistema al usuario (paciente).
9. El paciente se coloca el dispositivo con los sensores.
10. El paciente inicia el dispositivo.
11. El sistema inicia con la recolección de datos y su funcionamiento.

Postcondición

12. Los usuarios (medico, paciente, familiares) solicitan información al sistema.
13. El sistema solicita que se identifique.
14. El usuario se identifica.
15. El sistema entrega la información solicitada.

Excepciones

1. El sistema detecta una anomalía en el estado de salud del paciente.
2. El sistema emite una alerta a las instancias establecidas por el médico.
3. El sistema continúa con la generación de alertas hasta que se obtenga respuesta por parte de alguna de las instancias establecidas.

2.3 Metodología Planteada

Diseñar e implementar una plataforma de monitoreo médico de adultos mayores utilizando cómputo ubicuo, siguiendo una serie de pasos.

1. Identificación de los parámetros corporales que permiten la inferencia del estado de salud de un adulto mayor que son viables de medirse en forma electrónica con apoyo de un experto médico.
2. Selección de los parámetros corporales a monitorearse a través de la plataforma.
3. Análisis y definición de los sensores de monitoreo para parámetros corporales a integrarse en el nodo sensor, con tecnología compatible para Smartphones con Sistema Operativo Android.
4. Diseño de los paquetes y protocolo para el envío de los datos sensados al servidor de la plataforma.
5. Definición de la estructura de los mensajes de alerta para los usuarios.
6. Diseño e implementación de la base de datos de la plataforma.
7. Diseño de las interfaces para los tres usuarios.
8. Pruebas y evaluación de la plataforma en un escenario real.

2.4 Resultados esperados

Al finalizar la investigación se espera tener como producto una plataforma de monitoreo médico de adultos mayores basada en cómputo ubicuo, probada en un escenario real que implica la participación de un médico, paciente adulto mayor, y un responsable del mismo. Lo anterior es con la finalidad de que antes de implementarse la plataforma en el

sector salud, ésta ya cumpla con los aspectos de usabilidad. Lo anterior, es para tener un grado de confiabilidad aceptable, que asegure el monitoreo remoto del paciente en forma segura y eficiente. Sin embargo, la plataforma será constantemente evaluada, para identificar los aspectos que pueden mejorarse o bien, incorporarse a la misma, de acuerdo a las demandas de los diferentes usuarios.

3. Conclusiones

Es claro que la población mundial atraviesa por un acelerado envejecimiento de la población, lo que hace evidente la necesidad de elaborar planes de desarrollo que incluyan recursos tecnológicos para ayudar a mitigar el problema.

Después de haber realizado una revisión selectiva de la literatura publicada en años recientes sobre el tema de “cómputo ubicuo en el cuidado médico” se concluye que existe una gran variedad de posibilidades de diseño y tecnologías para el desarrollo de sistemas de apoyo en el cuidado médico mediante cómputo ubicuo.

Cada propuesta que se presenta como un sistema o plataforma de apoyo en el cuidado debe considerar una investigación de tecnologías de comunicación inalámbrica entre los dispositivos y los sensores implicados, por ejemplo Bluetooth y WiFi, así como también las necesidades de los usuarios, considerando las diferentes acciones que por parte de la plataforma se tengan que realizar, como lo sería el mantener informados en todo momento a los diferentes usuarios, así como también, el de emitir las alarmas en el momento requerido. Aspectos de servicios en la Nube y la seguridad de la información son hoy en día, explotados en muchas aplicaciones para disminuir costos.

En cuanto al aspecto del monitoreo de adultos mayores, es importante la selección adecuada de los sensores para que éstos sean lo menos invasivos posible, para permitir al adulto mayor realizar sus tareas cotidianas asegurándose al mismo tiempo, el monitoreo seguro de sus signos vitales.

La evaluación de las plataformas que se proponen es indispensable para determinar aspectos de usabilidad, que en el caso particular de la que se presenta en este documento, se realizará en una clínica de salud, en una situación real que implica el seguimiento de un paciente adulto mayor, el responsable de su cuidado y su médico. Que es importante para que en el futuro, sean una solución eficaz al problema que en la actualidad está bien identificado y que realmente sean útiles cuando la demanda de salud por parte de los adultos mayores sobrepase las capacidades de quienes brinden los servicios correspondientes.

4. Referencias

- [1] World Population Ageing: 1950-2050.
www.un.org/esa/population/publications/worldageing19502050/. Febrero 2014.
- [2] Population Ageing and Development 2012.
http://www.un.org/esa/population/publications/2012WorldPopAgeingDev_Chart/2012PopAgeingandDev_WallChart.pdf. Marzo 2014.
- [3] Los Adultos Mayores en México.
http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/adultosmayores/Adultos_mayores_web2.pdf. Febrero 2014.
- [4] Análisis Demográfico y Socioeconómico de la Población de Adultos Mayores de México, 2006-2050. <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/se/SE-ISS-09-06.pdf>. Marzo 2014.
- [5] Demographic issues, projections and trends: Older people with high support needs in the UK.
http://www.cpc.ac.uk/resources/downloads/JRF_report_Falkingham_2010.pdf. Marzo 2014.
- [6] J. Contractor, S. Lin, "Poster Abstract: Exploring cloud services with body area networks for medical care". BodyNets'11 Beijing, China. 2011. 120-121.

- [7] A. Ghose, P. Sinha, "UbiHeld Ubiquitous healthcare monitoring system for elderly and chronic patients". UbiComp'13 Zurich, Switzerland. 2013. 1255-1264.
- [8] A. Depari, A. Flammini, "Multisensor system with Bluetooth connectivity for non-invasive measurements of human body physical parameters". *Sensors and Actuators A: Physical*. 147-154.
- [9] J. García, A. del Pozo, "Seguimiento de personas mayores en espacios asistidos para la vida independiente". INFORMED'10 San Sebastián, España 2010.
- [10] N. Javid, N Khan, "Ubiquitous healthcare in wireless body area networks-a survey" *Journal of Basic Applied Scientific Research*. 2013
- [11] V. Koufi, F. Malamateniou, "A system for the provision of medical diagnostic and treatment advice in home care environment" *Personal and Ubiquitous Computing*. 2010.

5. Autores

Ing. Marcos José Santana Moctezuma. Realizó sus estudios de Ingeniería en el área de Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Colima.

D. en C. Erika Margarita Ramos Michel. Es Ingeniera en Comunicaciones y Electrónica, realizó sus estudios de Maestría en Computación, en el área de Telemática en la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima y, tiene el Doctorado en Ciencias de la Computación en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

M. en C. Ricardo Acosta Díaz. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada.