# Diseño y desarrollo software de un gestor de aplicaciones socio-sanitarias accesible e inclusivo

M.A. Estudillo Valderrama[2,1], I. Cobos Rodríguez[1], L.M. Roa Romero[1,2], L.J. Reina Tosina[1,3], N. Aresté Fosalba[4,1], J.A. Milán Martín[4,1]

[1] Grupo de Ingeniería Biomédica, Universidad de Sevilla, España, lroa@us.es

[2] CIBER de Bioingeniería, Biomateriales, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN), España, mestudillo@us.es

[3] Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Universidad de Sevilla, Sevilla, España, jreina@us.es

[4] Servicio de Nefrología, Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla, España, {narestef,jmilan@senefro.org}

## Resumen

*En este trabajo se aborda el diseño y desarrollo software de un gestor de aplicaciones socio-sanitarias accesible e inclusivo, en el contexto de los nuevos paradigmas de mSalud. Para tal fin se realiza un análisis de la normativa existente sobre accesibilidad para las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), con especial énfasis en las denominadas aplicaciones móviles para dispositivos táctiles. Este conjunto de requisitos, junto a otros orientados a una implementación costo-efectiva y robusta, han sido considerados en el desarrollo del gestor, que permite lanzar las aplicaciones además de acceder a las funcionalidades habituales del teléfono. Como caso de uso y validación, se presenta la aplicación sanitaria eNefro dirigida a pacientes renales en diálisis peritoneal.*

## 1. Introducción

La coyuntura de crisis económica en nuestro entorno está poniendo cada vez más de relieve el problema de la sostenibilidad del sistema sanitario, y obliga a buscar medidas que aumenten su costo-eficiencia. En particular, la primera causa de gasto sanitario en nuestro país son las patologías crónicas, que representan el 70% de la carga sanitaria total [1]. Las enfermedades crónicas abarcan a todos los grupos de edad, pero es mayor su incidencia en las personas mayores, por lo que si se tiene en cuenta la progresiva inversión piramidal de la población española [2], es de prever que el gasto sanitario tenderá a aumentar.

El avance en las TIC y en concreto el paradigma de la eSalud ha sido la alternativa que se ha erigido con mayor potencial para contrarrestar los efectos de esta coyuntura, gracias a su capacidad para reducir el número de consultas de los centros de salud -disminuyendo tiempos y costes-, y al facilitar el acceso de especialistas a pacientes crónicos en zonas distantes [3]. En este contexto de desarrollo tecnológico, conviene destacar el auge experimentado por los dispositivos móviles [4]. Estos dispositivos, además de un acceso ubicuo a Internet, permiten al usuario instalar programas adicionales (conocidas como aplicaciones móviles) desarrollados por diversos proveedores. Esta última característica ha dado lugar a un creciente interés en el desarrollo de aplicaciones móviles [5] que doten de nuevas funcionalidades a los teléfonos inteligentes, abriendo nuevas vías de comunicación entre el paciente y el médico que multiplican las posibilidades del paradigma clásico de eSalud, dando lugar a lo que se conoce como mSalud [6].

El mercado de las aplicaciones móviles dirigidas a la mSalud está en expansión, y se espera un crecimiento del 20% anual durante los próximos años [7]. La gran mayoría de estas soluciones están dirigidas a pacientes o a personal sanitario por separado, pero son pocas las que tienen como fin comunicarlos [8-10]. A esto se añade que la mayoría obligan a disponer de dispositivos médicos con conexión al teléfono inteligente. Además son privadas, de pago, y no disponen de alternativas para el envío de alarmas. Por último, se debe atender como requisito fundamental de diseño a las especiales características de los potenciales depositarios del cambio de paradigma sanitario promovido por la mSalud: pacientes crónicos, personas de movilidad reducida y las personas mayores. Estos usuarios son los que más dificultades pueden encontrar en el uso de estas tecnologías, por lo que se hace imprescindible desarrollar soluciones accesibles y personalizables, que eviten la discriminación tecnológica de la ciudadanía (e-inclusión).

El objetivo de este trabajo surge en el contexto del proyecto eNefro (PI11/00111), actualmente en desarrollo por el Grupo de Ingeniería Biomédica junto a cuatro hospitales a nivel nacional, y cuyo propósito es establecer una arquitectura extensible y adaptable para la asistencia remota de pacientes en pre-diálisis y diálisis peritoneal (DP). Así se plantea el diseño y desarrollo de un gestor de aplicaciones socio-sanitarias (Gestass) que despliega un entorno personalizable, atendiendo a la normativa actual en accesibilidad y siguiendo la filosofía del Diseño para Todos. Como caso de uso y validación de Gestass, se analiza la aplicación eNefro, que asiste a los pacientes en DP en el registro de los datos más relevantes de sus ciclos de diálisis y su comunicación al especialista médico.

## 2. Métodos y Materiales

### 2.1. Métodos

En el momento de la redacción de este trabajo no se ha encontrado una normativa nacional, europea o internacional específica para el diseño y desarrollo de aplicaciones móviles para dispositivos táctiles, la amplia mayoría de los teléfonos inteligentes, que defina los

requisitos de accesibilidad para personas de la tercera edad y/o con limitaciones.

Como consecuencia, se ha procedido en primer lugar al estudio de las diversas necesidades de usuarios que experimentan las personas con discapacidad, definidos en la norma UNE-ISO 29138 [11]. En segundo lugar, se ha tomado como base la normativa existente para el desarrollo de software accesible (UNE 139802 [12]), y se ha completado en algunos puntos concretos con otras normas (ISO 9241 [13-14], ETSI EG 202 116 [15]) para su uso particular en las pantallas táctiles. El objetivo de este doble estudio es la definición de un conjunto mínimo de requisitos que debe cumplir cualquier aplicación móvil e-inclusiva, y que están definidos de forma resumida en los siguientes epígrafes:

- Requisitos generales: Etiquetado de los elementos de la interfaz; ajustes de preferencias de usuario; ajustes de accesibilidad; pautas generales sobre control y uso; compatibilidad con las ayudas técnicas.
- Entradas: opciones alternativas; foco del teclado; entrada de teclado; dispositivos apuntadores.
- Salidas: recomendaciones generales sobre salidas; salida visual (pantalla); texto/fuentes; color; aspecto y comportamiento (pantallas o actividades); salida sonora; equivalentes textuales del sonido (subtítulos); multimedia.
- Ayuda: servicios de soporte técnico al usuario.

Estos requisitos de accesibilidad han servido de base para el diseño de las distintas pantallas con las que interactúa el usuario, como se muestra en la Figura 1:

***Figura 1.****Maqueta de menú de ajustes de la aplicación*

A continuación se procedió con la especificación de requisitos a nivel de implementación (apartado 2.2) y funcional (apartado 3.1 y 3.2), como paso previo al modelado de los casos de uso e implementación.

### 2.2. Materiales empleados

Para una mejor selección de los materiales a utilizar, se ha partido de la definición de un conjunto de requisitos de implementación. Desde el punto de vista de costes y escalabilidad, se ha optado por el desarrollo sobre plataformas comerciales de software libre que permitan el correcto funcionamiento para la mayor variedad de teléfonos inteligentes. Otro criterio importante es el de disponibilidad y robustez, que asegure un canal de comunicación paciente-médico estable. Por último respecto de la privacidad y seguridad, el intercambio de datos debe ser cifrado para que dicho canal de comunicaciones sea seguro. Así, los materiales empleados bajo estos criterios son:

- Sistema Operativo: Android es el más extendido a nivel mundial, y es de software libre.
- Entorno de Desarrollo: Eclipse junto al plugin Papyrus para el modelado de casos de uso. Por otro lado, se ha usado el Android ADT (Android Development Toolkit) y el Android SDK (Software Development Kit), junto al JRE (Java Runtime Environment).
- Base de Datos y Servidor Web: el almacenamiento de los datos se realiza en una base de datos PostgreSQL, y las consultas web son gestionadas por Apache Tomcat.
- Comunicaciones: para la interacción paciente-médico se han creado servicios web en RESTful, que presenta mejores tiempos de respuesta frente a otras opciones como SOAP, además de menor sobrecarga y mayor facilidad de desarrollo. Por otra parte, las comunicaciones con el servidor están cifradas mediante SSL, empleando una cadena de autenticación en Base64 [16].

## 3. Resultados

En primer lugar se persigue simplificar la interfaz de usuario de Android, denominada lanzador (*launcher*), que abarca desde el escritorio (*home*) hasta la configuración del dispositivo y la ejecución de aplicaciones móviles. Para tal fin, a continuación se presenta un gestor de aplicaciones que además de ser un lanzador accesible, proveerá a las aplicaciones socio-sanitarias instaladas en él de las mismas prestaciones de accesibilidad.

### 3.1. Gestor de Aplicaciones: GestAss

Gestass funciona como un lanzador que envuelve el entorno de usuario original de Android reduciendo su complejidad, y ofreciendo las siguientes funcionalidades:

- Personalizar la interfaz de usuario en función de sus limitaciones.
- Lanzar las distintas aplicaciones socio-sanitarias instaladas en el dispositivo, que heredan la interfaz seleccionada por el usuario en la configuración del gestor.
- Realizar llamadas y gestionar su agenda de contactos en un entorno accesible.
- Permitir la modificación en remoto de la configuración de los ajustes de accesibilidad del gestor en el caso de que el usuario necesitara ayuda.

La Figura 2 muestra la arquitectura cliente-servidor de GestAss, donde el usuario puede seleccionar unos valores de configuración y personalización para la interfaz gráfica, los cuales son enviados al servidor remoto para su administración.

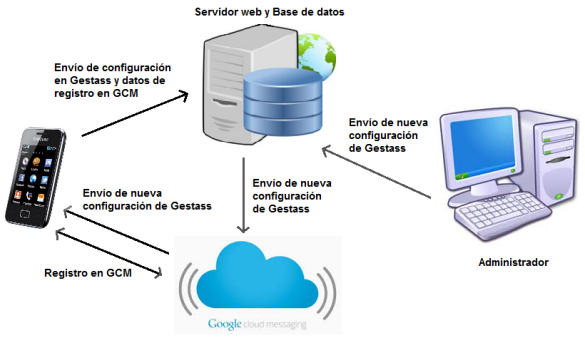


***Figura 2.*** *Arquitectura general de GestAss*

Desde el punto de vista del administrador, el gestor proporciona un menú bajo *login* que le da acceso total tanto a las aplicaciones instaladas en el terminal como a todos los ajustes de Android. Además, le permite configurar los datos de conexión al servicio web que se encarga de enviar los datos de configuración para su almacenamiento en la base de datos. Por otro lado, el administrador mediante una aplicación web puede consultar los valores de configuración de un usuario concreto, y modificarlos remotamente mediante el uso de notificaciones *push* a través de *Google Cloud Messaging* (GCM). La gran ventaja de GCM es que permite que dicha modificación se muestre casi instantáneamente en el terminal del usuario, como alternativa a la realización de consultas periódicas al servidor (también conocido como *polling*), que suponen un mayor consumo de memoria, de CPU, de datos de red y un mayor gasto de batería. A esto se añade que los cambios de configuración mediante push tardan menos tiempo en verse reflejados en el gestor, para mayor tranquilidad del usuario.

### 3.2. Caso de uso: la aplicación eNefro

La aplicación eNefro, destinada a la tele-monitorización domiciliaria de los pacientes en DP, se lanza desde Gestass con la misma personalización de la interfaz seleccionada por el usuario en el gestor (ver Figura 3):

***Figura 3.*** *Capturas de pantalla de eNefro*

La aplicación eNefro permite a sus usuarios:

- Registrar y enviar a un servidor los datos de sus ciclos de diálisis (incluido la toma de imágenes).
- Registrar y enviar a un servidor los síntomas relevantes para el control de su enfermedad.
- Realizar video-llamadas a su médico.

Se puede observar la secuencia de funcionamiento de la aplicación eNefro en la Figura 4.

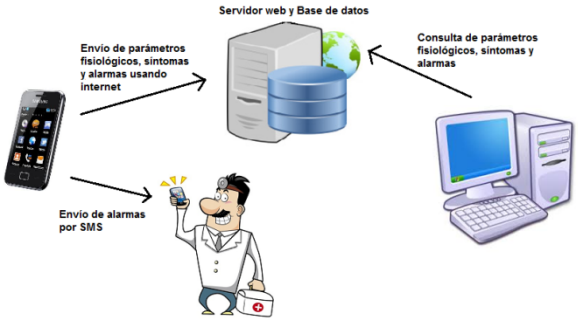


***Figura 4.*** *Ejemplo de pie de figura*

El paciente introduce diariamente en la aplicación los valores de los intercambios de líquido peritoneal junto a un conjunto de variables fisiológicas definidas por el equipo médico que colabora en eNefro (ver Tabla 1). La aplicación eNefro posibilita des/activar algunos de los datos de las variables fisiológicas, como es el caso de la glucemia para los pacientes con diabetes mellitus. En el caso del líquido peritoneal (LP), la aplicación facilita la toma de una fotografía del catéter y su envío al servidor remoto. Además, el paciente en DP dispone de un listado de síntomas pre-definidos (dolor abdominal, asfixia/disnea, fiebre) que se consideran potencialmente peligrosos para la DP, y que puede seleccionar y enviar también a la base de datos.

| Variables | Umbral | Prioridad |
|---|---|---|
| Intercambios (ml) | I < 1000 I > 2000 | Media |
| Variac. Peso (Kg) | \|P\| > 2 | Media |
| Tensión Arterial (mmHg) | TA > 160/85 TA < 80/40 | Media |
| Temperatura (ºC) | T > 38 T < 35 | Alta |
| Glucemia | G < 60 G > 200 | Media |
| Aspecto LP | Turbio/Normal | Alta |

***Tabla 1.*** *Ejemplo de pie de tabla*

El sistema genera alarmas conforme a unos umbrales definidos para los campos de variables fisiológicas y de síntomas, que serán enviados al servidor junto a los datos introducidos por el paciente. También genera y envía alarmas, en este caso de prioridad alta, cuando se introduzcan alguno de los síntomas previamente definidos. La activación de estas alarmas da lugar una serie de recomendaciones para el usuario que se muestran por pantalla:

- Prioridad alta: "comuníquese con el hospital inmediatamente".
- Prioridad media: "comuníquese con la consulta en horario habitual".

- Prioridad baja: sin recomendaciones o "consulte con su médico en la próxima revisión".

Por último, para el caso de las alarmas de prioridad alta, la aplicación envía un mensaje de texto (SMS) a un teléfono configurado previamente por el administrador. Para la gestión de alarmas de eNefro se ha seguido una arquitectura distribuida basada en el paradigma publicador-suscriptor [17].

### 3.3. Validación

Con el fin de validar la aplicación eNefro, se ha realizado una evaluación empírica con una muestra de cuatro usuarios en diversas plataformas comerciales Android. Tras la compleción de un conjunto de tareas con la aplicación, los usuarios realizaron un cuestionario para evaluar la usabilidad de la aplicación y su experiencia de usuario. Los buenos resultados obtenidos en el cuestionario, junto a la compatibilidad de los procedimientos que realiza la aplicación móvil con los ya disponibles en la versión PC/web de eNefro, que fueron igualmente validados, han permitido corroborar la usabilidad de la aplicación y su enfoque de diseño.

## 4. Conclusiones

El campo de la mSalud está emergiendo rápidamente y se postula como una alternativa barata y fiable para el control de las enfermedades crónicas. Sin embargo las soluciones actuales no están diseñadas teniendo en cuenta las especiales necesidades de sus potenciales usuarios para facilitar su e-inclusión.

Como consecuencia, este trabajo aborda el diseño y desarrollo de un software gestor de aplicaciones socio-sanitarias accesible e inclusivo. Se comienza con un estudio de la normativa existente sobre accesibilidad para las personas mayores y/o con discapacidad en las TIC, y se particulariza para las aplicaciones móviles en dispositivos táctiles dada su enorme acogida. Basándose en esos requisitos de accesibilidad se diseña e implementa el gestor para la plataforma Android, que funciona como un lanzador con interfaz personalizable que, además de la realización de llamadas y gestión de la agenda telefónica, permite la ejecución de aplicaciones e-inclusivas. Además, con objeto de facilitar el funcionamiento para el usuario, la personalización de los ajustes de accesibilidad puede ser gestionada remotamente por un administrador.

Como caso de aplicación y validación del gestor, se presenta la implementación de una aplicación sanitaria en el marco del proyecto eNefro. Esta aplicación permite registrar los datos más relevantes relativos a los ciclos de diálisis de sus usuarios, junto a una serie de alarmas que genera automáticamente la aplicación para su envío a un servidor remoto y posterior consulta por parte de su médico.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte por la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, Gobierno de Andalucía, bajo los proyectos P08-TIC-04069 y P10-TIC-6214, en parte por el Fondo de Investigaciones Sanitarias, Instituto de Salud Carlos III, bajo los proyectos PI082023 y PI11/00111, y en parte por el CIBER-BBN bajo los proyectos PERSONA, DIAB-Support, PLADEBACT y NEUROMON.

## Referencias

[1] Directrices para un Plan Integral de prevención de las enfermedades crónicas y de atención a los pacientes crónicos. *Consejo Asesor de Sanidad del Gobierno del Principado de Asturias*, 2014.

[2] Proyecciones de población a corto plazo 2013-2023. *Instituto Nacional de Estadística*, 2014.

[3] Weinstein RS, Lopez AM, et al. Telemedicine, Telehealth, and Mobile Health Applications That Work: Opportunities and Barriers. *The American Journal of Medicine*, vol 127, num 3, 2014.

[4] Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de la Información y Comunicación en los hogares. *Instituto Nacional de Estadística*, 2014.

[5] Mobile Phone App Store Statistics. http://www.statisticbrain.com/mobile-phone-app-store-statistics/ (Consultada: Septiembre 2014)

[6] Tomlinson M, Rotheram-Borus MJ, Swartz L, Tsai AC. Scaling Up mHealth: Where Is the Evidence? *Plos Medicine*, vol 10, num 2, 2014.

[7] Aplicaciones mHealth: la tecnología al servicio de la salud. http://devs.ticbeat.com/aplicaciones-mhealth-la-tecnologia-al-serviciode-la-salud/ (Consultada: Septiembre 2014)

[8] Bernet Palacin C, George L. GlucoServer. Design, Development and Exploitation Plan of a Health Monitoring Network. *Universitat Politècnica de Catalunya*, 2011.

[9] mHealthAlert - platform to provide monitoring services to chronics patients and healthy living programs to prevent possible diseases. http://www.mhealthalert.com/ (Consultada: Septiembre 2014).

[10] MoviHealth – Salud Inteligente. http://www.movihealth.com/quees.html (Consultada: Septiembre 2014).

[11] Tecnología de la información. Consideraciones de accesibilidad para personas con discapacidad. Parte 3: Directrices para el mapeo de las necesidades de usuario, UNE-ISO/ IEC TR 29138-3, 2012.

[12] Requisitos de accesibilidad para contenidos en la Web, UNE 139803, 2012

[13] Ergonomics of human-system interaction. Part 920: Guidance on tactile and haptic interactions, ISO 9241-920, 2009.

[14] Ergonomics of human-system interaction. Part 210: Human-centred design for interactive systems. ISO 9241-210, 2010.

[15] Human Factors (HF); Guidelines for ICT products and services; 'Design for All', ETSI EG 202 116 V1.2.1, 2002-2009.

[16] Android Developers - Security with HTTPS and SSL. https://developer.android.com/training/articles/security-ssl.html (Consultada: Septiembre 2014).

[17] Estudillo Valderrama MA, Talaminos Barroso A, et al. A Distributed Approach for Alarm Management in Chronic Kidney Disease. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 2014 (pendiente de publicación).