

## Capítulo 1: Introducción.

### 1.1 Antecedentes del proyecto.

La situación actual de crisis económica que vivimos en España ha vuelto a poner de actualidad el problema clásico de la sostenibilidad del sistema sanitario público. Los recortes sufridos en el presupuesto destinado a sanidad obligan a buscar medidas que aumenten la eficiencia del mismo y disminuyan el gasto sanitario sin afectar el resultado final de salud de la población. La primera causa de gasto sanitario en nuestro país son las patologías crónicas, que representan el 70% de la carga sanitaria total y suponen el 80% de las consultas en centros de salud y el 60% de los ingresos hospitalarios [1]. Estas enfermedades crónicas abarcan a todos los grupos de edad pero afectan principalmente a los ancianos por lo que si tenemos en cuenta que la población española está en un progresivo proceso de envejecimiento, tal y como indican las estadísticas [2], esto supondrá que el número de personas con enfermedades crónicas también será mayor en un futuro y por consiguiente el gasto sanitario crecerá.

Con el fin de reducir el número de consultas en los centros de salud y mejorar la calidad de la asistencia a un menor coste la telemedicina se presenta como una gran alternativa al sistema tradicional, en la que los servicios médicos son prestados a distancia haciendo uso de tecnologías de la información y comunicaciones para la optimización de los servicios de atención en salud, ahorrando tiempo y dinero y facilitando el acceso a zonas distantes para tener atención de especialistas [3]. En este sentido, como hemos comentado anteriormente, las personas más beneficiadas con este servicio son los pacientes crónicos, los de movilidad reducida y las personas mayores pero son también ellos los que más dificultades encuentran en el uso de las nuevas tecnologías por lo que se deben aportar soluciones accesibles que no los discriminen tecnológicamente y al mismo tiempo sean económicamente asequibles para ellos.

El auge experimentado por los dispositivos móviles en los últimos años ha supuesto que el 96,1% de los hogares españoles disponga al menos de un teléfono móvil [4], y que el 66% de los usuarios españoles de telefonía móvil posean un teléfono inteligente o

*smartphone* [5]. Los smartphones además de poseer las funciones de un teléfono móvil convencional disponen como características principales de un soporte completo al correo electrónico, acceso a Internet vía WIFI o 3G, funciones multimedia, y permiten al usuario instalar programas adicionales que pueden ser desarrollados por el fabricante del dispositivo, por el operador o por un tercero [6]. Esta última característica ha hecho que haya un creciente interés en el desarrollo de nuevas aplicaciones móviles [7] que doten de nuevas funcionalidades a estos dispositivos y ha abierto nuevas vías de comunicación entre el paciente y el médico ampliando las posibilidades de la telemedicina, dando lugar a lo que se conoce como *mSalud* o *mHealth* [8].

El mercado de las aplicaciones móviles dedicadas a la salud está en expansión, esperándose un crecimiento del 20 % anual durante los próximos tres a cinco años [9]. En la actualidad existen aplicaciones sanitarias disponibles para los usuarios de diversa índole. Las hay dirigidas meramente al paciente, en las cuales podemos encontrar aplicaciones donde el paciente puede registrar datos para tener un control propio, otras donde puede consultar síntomas y éstas le indican las posibles enfermedades que puede tener, pero la utilidad más prometedora es la que permite al paciente ser monitorizado en remoto por el médico, tanto por el ahorro de tiempo y dinero que supone al paciente acudir al hospital para su control rutinario como por la seguridad y apoyo que le suponen saber que su médico puede hacer un control diario sobre él. Este último tipo de aplicaciones sanitarias está menos extendido, pero en la literatura científica encontramos algunos ejemplos como *Glucoserver* [10], aplicación para el control de la diabetes en enfermos crónicos desarrollada en la Universidad Politécnica de Cataluña, donde las mediciones realizadas por el paciente son enviadas a una base de datos que el médico puede consultar. Además dicha aplicación envía SMS de alarma cuando la vida del paciente está en peligro y permite comunicarse al paciente con el médico para realizar consultas. En [11] se presenta *SESGARH*, sistema que proporciona monitorización en remoto en la que el paciente puede enviar síntomas e información tomada por sensores ECG a su médico.

Como soluciones que actualmente están en funcionamiento encontramos por un lado *mHealthAlert* [12], aplicación de iniciativa privada que sirve para registrar y guardar distintos parámetros fisiológicos del paciente y es capaz de analizarlos y generar alarmas a través de internet al médico conforme a los umbrales definidos. Esta aplicación presenta algunos inconvenientes como que las variables fisiológicas registradas no permiten la introducción manual por parte del paciente, únicamente son recogidas a través de aparatos que se comunican con la aplicación mediante Bluetooth con lo que obliga al usuario a que los aparatos de medida que tenga dispongan de esta funcionalidad, además, frente a un error en la transmisión del dato a la aplicación puede dejar a los pacientes de tercera edad o con limitaciones sin saber cómo actuar. Por otro lado, esta aplicación únicamente trabaja con internet para la generación de alarmas con el consiguiente problema que supondría que el

paciente no dispusiera de ella en el momento en que se genere dicha alarma. Como tercer inconveniente podría nombrarse el hecho de que es una aplicación de pago por lo que no está al alcance de todo el mundo.

Otro proyecto que está actualmente en funcionamiento es *MoviHealth* [13], también de iniciativa privada, que captura los datos de medida de distintos aparatos de medición a través de Bluetooth y mediante USB y los guarda en un servidor Web para que puedan ser consultados por médicos y familiares. También envía alarmas en caso de emergencia o registro de valores anormales mediante email y mensajes de texto, por lo que resuelve el inconveniente de la aplicación anterior de depender únicamente de la conexión a internet para el envío de alarmas, pero sigue teniendo el problema de necesitar para su uso aparatos de medida que dispongan de Bluetooth o conexión USB. Además como ocurre con la anterior es de pago.

Las aplicaciones comentadas, aunque dirigidas principalmente a personas mayores y/o con alguna discapacidad presentan como problema generalizado una interfaz de usuario que no es accesible ni personalizable a las distintas limitaciones que poseen este tipo de personas.

Como ocurriera anteriormente con Internet y con los teléfonos móviles convencionales, la accesibilidad en los teléfonos inteligentes se ha ido incorporando con posterioridad [14] [15] y aún hoy sigue siendo una asignatura pendiente que afecta tanto al acceso físico de los dispositivos como al diseño de las aplicaciones que funcionan en éstos y por tanto dificulta la inclusión de personas de la tercera edad y/o con diversidad funcional como usuarios de este tipo de dispositivos.

Así pues, si nos centramos en el aspecto software de estos dispositivos nos encontramos con que el interfaz que ofrecen al usuario generalmente no es sencillo ni intuitivo sino que está enfocado a públicos cada vez más exigentes que demandan diseño y funcionalidades que hacen necesario un conocimiento más avanzado para su manejo, por tanto, se hace imprescindible por un lado la simplificación en el manejo del interfaz de usuario y por otro proveer de distintas opciones de accesibilidad que se adapten a las limitaciones que pueda poseer cada persona. Aun así, actualmente existen grandes diferencias en el grado de accesibilidad que proveen los distintos smartphones, dependiendo éstas tanto del fabricante del dispositivo como del sistema operativo y versión instalada en el terminal, disponiendo de pocas o nulas características de accesibilidad los dispositivos con versiones del sistema operativo más antiguas y que no pueden actualizarse a las nuevas versiones [14][15].

Centrando el estudio en el sistema operativo Android [16] que es el más usado con un 79% de cuota de mercado a nivel mundial [17] y con un número de aplicaciones disponibles en su mercado Google Play Store que supera el millón [18], pocos son los lanzadores de aplicaciones o launchers [19] destinados a facilitar el manejo de la interfaz a personas

mayores o con algún tipo de discapacidad. Éste es el caso de *Big Launcher* [20], aplicación gratuita (que también dispone de versión de pago que amplía sus funcionalidades) que funciona como un launcher y está destinada tanto a personas mayores como personas con problemas de visión. Simplifica la interfaz de usuario y proporciona múltiples opciones de accesibilidad, teniendo como principal problema una configuración compleja y no accesible en sí misma, y no cumple con algunas de las características básicas recomendadas para la accesibilidad como son el uso de etiquetas explicativas junto con los iconos.

Otro launcher dirigido a este colectivo es *Mobile Accessibility* [21], que simplifica la interfaz de usuario y también proporciona múltiples opciones de accesibilidad, incluyendo un tutorial al usuario de los distintos movimientos que debe realizar con el dedo en la pantalla táctil para conseguir determinadas acciones. Una aplicación muy útil para este tipo de personas pero es de pago y no precisamente asequible al tener un coste actual de 75,90 Euros lo que la hace económicamente inaccesible para muchas personas.

Además de los launchers citados anteriormente y disponibles para cualquier terminal, determinados fabricantes sí que incluyen de fábrica en sus terminales la opción de escoger entre un launcher de funcionalidad más avanzada o uno de uso más simple como es el caso de Samsung que en sus terminales más recientes proporciona el launcher *Inicio sencillo de TouchWiz* [22], con una interfaz gráfica mucho más adaptada a personas con limitaciones y una configuración más simple. El único problema es que como hemos comentado sólo disponen de él los terminales más recientes de la marca Samsung.

Por otro lado, existen aplicaciones que añaden funciones de accesibilidad a los dispositivos [23] dirigidas fundamentalmente a personas con discapacidad visual como son *TalkBack* [24], un servicio de accesibilidad proporcionado por Google que permite describir de forma auditiva los distintos elementos que se muestran en la pantalla en un determinado momento. En las versiones más recientes de Android esta aplicación también permite la exploración táctil de manera que describe el contenido de los elementos pulsados pero no los ejecuta a menos que se pulse dos veces sobre ellos. También son muy útiles para este objetivo aplicaciones como *SoundBack* [25] que permite asignar sonidos a diferentes acciones del teléfono y *KickBack* [26] que permite asignar patrones de vibración a diferentes acciones del teléfono.

## 1.2 Justificación e Hipótesis.

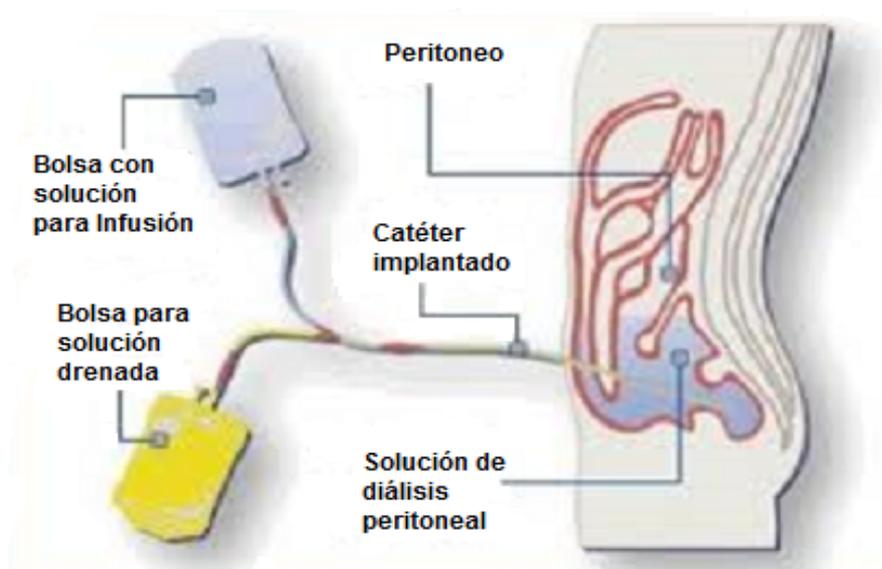
La labor realizada en este proyecto fin de carrera se encuentra en el marco de un proyecto de investigación actualmente en desarrollo por el Grupo de Ingeniería Biomédica, el proyecto eNefro (PI11/00111).

El proyecto eNefro (Arquitectura modular adaptable para la teleasistencia integral de pacientes renales) es un esfuerzo multicéntrico entre la Universidad de Sevilla y diversos hospitales nacionales, estando formado el equipo investigador por especialistas en Ingeniería Biomédica y un equipo médico integrado por nefrólogos de cuatro Servicios de Nefrología pertenecientes a tres comunidades autónomas diferentes. El objetivo principal de este proyecto es establecer una arquitectura extensible y adaptable para la asistencia remota de pacientes en pre-diálisis y diálisis peritoneal (DP). Para cumplir el objetivo anterior se plantea el cumplimiento de otro objetivo, el de introducción en la metodología de trabajo de los conceptos de “diseño para todos” y “espacio de diseño”, que permitan la personalización de los dispositivos a las necesidades específicas de los usuarios.

En España se estima que hay 25.000 personas con enfermedad renal crónica que están en tratamiento de diálisis [27]. De ellas, un 15% reciben la diálisis en sus domicilios a través de la diálisis peritoneal [28].

La diálisis peritoneal utiliza una membrana natural (el peritoneo) como filtro. El fluido de diálisis se introduce en la cavidad peritoneal a través de un pequeño tubo flexible que se implanta en el abdomen del paciente de forma permanente en una intervención quirúrgica menor. Parte de este tubo, o catéter, permanece fuera del abdomen. De esta forma puede conectarse a las bolsas de solución de diálisis [29].

Mientras el líquido está en la cavidad peritoneal se produce la diálisis: el exceso de líquidos y los productos de desecho pasan desde la sangre al fluido de diálisis a través de la membrana peritoneal.



*Figura 1: Diagrama de diálisis peritoneal ambulatoria continua. Tomada de [48]*

La solución se cambia periódicamente y a este proceso se le llama intercambio. Los pacientes en diálisis peritoneal ambulatoria continua (DPAC), que es la modalidad más utilizada, necesitan realizar 3 ó 4 intercambios diarios. El tratamiento se realiza sin salir de casa, es flexible y puede ajustarse a distintas necesidades y horarios.

Además de estos intercambios, los pacientes en diálisis peritoneal tienen que realizar la medición de una serie de parámetros fisiológicos como pueden ser el peso, la temperatura y la tensión arterial, y deben anotar diariamente todos estos valores para comunicárselos a su médico en las revisiones en consulta.

Como parte de este proyecto surge la idea de la realización de una aplicación móvil para su uso en smartphones con el sistema operativo Android en la que el usuario pueda registrar de forma manual los datos más relevantes relativos a sus ciclos de diálisis peritoneal y éstos sean enviados a un servidor remoto en tiempo real de manera que puedan ser consultados por su médico. Además de esto, la aplicación permitirá otras vías de comunicación entre médico y paciente como la realización de videollamadas y generará alarmas al médico tanto a través de internet como por mensajes de texto conforme a unos umbrales de variables fisiológicas y síntomas definidos. Dicha aplicación estará enfocada para su utilización por parte de personas que puedan tener mermadas alguna de sus facultades psico-motrices y para mayor generalidad, deberá ser manejable por personas de la tercera edad y/o con pocas facultades para el manejo de equipamiento informático, para lo cual se ha considerado oportuno la realización de un gestor de aplicaciones sanitarias que funcione como launcher y dote al smartphone de un interfaz de usuario simplificado y adaptado para este tipo de personas.

Como se ha expuesto en el apartado anterior, las aplicaciones existentes que están enfocadas a la telemedicina y en concreto las que se utilizan para el registro de variables fisiológicas del paciente y el envío de esos datos en tiempo real al personal médico, tienen limitaciones de distinta índole como son la introducción de los datos fisiológicos del paciente únicamente a través de equipos de medida mediante conexión Bluetooth, por lo que los pacientes que disponen de equipos de medida más básicos que no disponen de esta conexión (como pueda ser una báscula para la medida del peso corporal) no pueden hacer uso de ellas o se ven obligados a comprar equipos que sí dispongan de ella con el consiguiente desembolso económico. Además como hemos visto son aplicaciones pertenecientes a empresas privadas y por tanto de pago. Por otro lado estas aplicaciones no tienen en cuenta en su diseño las distintas características de accesibilidad que deben poseer para el uso de ellas por parte de una persona mayor y/o con limitaciones.

Por tanto, resumidamente, la justificación de la pertinencia de este proyecto fin de carrera descansa sobre dos hipótesis:

- Las interfaces de usuario para el manejo de los smartphones son actualmente poco personalizables y accesibles a personas mayores y/o con limitaciones.
- Las aplicaciones con fines sanitarios que existen actualmente y que permiten la introducción de variables fisiológicas del paciente y el envío de éstas a un servidor remoto para su posterior revisión por parte del personal médico, tienen algunas limitaciones como la necesidad de equipos de medida que dispongan de conexión Bluetooth ya que no permiten la introducción manual de estos valores, que son privadas y de pago, y que en algunos casos para la emisión de alarmas al personal sanitario únicamente utilizan Internet con el problema que esto supondría si en un momento determinado el paciente no dispusiera de conexión a Internet.

### **1.3 Objetivos del proyecto.**

El objetivo fundamental es conseguir una interfaz de usuario para smartphones personalizable y accesible a personas mayores y/o con limitaciones, de manera que puedan utilizar éstos para llevar el control de las distintas patologías que puedan tener.

Para alcanzar el objetivo general anterior será necesario cumplir los siguientes objetivos:

- Investigación de la normativa existente sobre sistemas y dispositivos para la tercera edad y la discapacidad, y en concreto la referida al diseño y desarrollo de aplicaciones móviles accesibles para pantallas táctiles.
- Diseñar e implementar un gestor de aplicaciones socio-sanitarias que dote al smartphone de una capa superior que envuelva el entorno de usuario original haciéndolo personalizable y accesible a personas mayores y/o con alguna limitación psico-motriz, y que extienda esa accesibilidad a las aplicaciones socio-sanitarias que sean ejecutadas a través de él. Además debe permitir su configuración en remoto.
- Como aplicación al caso clínico, diseñar e implementar una aplicación que herede las características de accesibilidad seleccionadas en el gestor de aplicaciones y permita al usuario registrar de forma manual los datos que los nefrólogos que integran el equipo médico del proyecto eNefro consideran relevantes para el control de sus ciclos de diálisis peritoneal. Los datos registrados en la aplicación serán enviados a un servidor remoto para que puedan ser consultados por el personal médico. Además de esto, la aplicación generará alarmas al médico tanto a través de internet como por mensajes de texto conforme a unos umbrales de variables fisiológicas y síntomas definidos.

## 1.4 Metodología y alcance del proyecto.

Para conseguir los objetivos marcados en este proyecto fin de carrera se ha partido de un estudio de la normativa AENOR que defina las necesidades de las personas mayores y/o con discapacidad para el acceso a las tecnologías de la información, y una búsqueda de la normativa existente para el diseño y desarrollo de aplicaciones móviles para dispositivos táctiles que sean accesibles para estas personas pero se ha encontrado que no existe una normativa específica nacional, europea o internacional para tal fin por lo que partiendo de la norma que especifica los requisitos de accesibilidad al software [30], y otras normas para complementarla [31][32][33][34][35][36], se han definido los requisitos que debería cumplir cualquier aplicación de smartphone para que sea accesible a personas mayores o con discapacidad.

Tras la definición de los requisitos de accesibilidad a cumplir, se han tomado los requisitos que deben cumplir a nivel funcional y de implementación tanto el gestor de aplicaciones como la aplicación eNefro, y se ha pasado al modelado UML de los casos de uso para cada aplicación. A continuación, se han diseñado las distintas pantallas con las que interactuará el usuario teniendo especial cuidado para cumplir los requisitos de accesibilidad extraídos de la normativa existente.

Posteriormente se procedió a instalar todo el entorno de desarrollo, y se pasó a implementar el código de las aplicaciones en el sistema operativo Android, del que ya tenía conocimientos al haber realizado recientemente un curso de desarrollo de Aplicaciones Android. Durante el desarrollo se ha utilizado el versionado de código mediante GIT y se han ido probando las aplicaciones en los distintos smartphones comentados en el apartado de materiales, así como en el emulador AVD de dispositivos virtuales. Una vez terminada la implementación de las aplicaciones se ha procedido a realizar pruebas de validación con usuarios.

## 1.5 Organización de la memoria.

Además de este primer capítulo de introducción, la memoria se estructura en los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: Introducción. Se detalla en este primer capítulo los antecedentes y motivación del proyecto, así como los objetivos principales y la metodología de trabajo seguida.
- Capítulo 2: Materiales y métodos. En este apartado se describen los distintos materiales utilizados para la realización de este proyecto, y se realiza una revisión de la normativa

aplicable al diseño e implementación de aplicaciones accesibles a personas mayores y/o con discapacidad para smartphones.

- Capítulo 3: Resultados. En este apartado se pasa a describir la toma de requisitos funcionales y de implementación tanto para el gestor de aplicaciones como para la aplicación eNefro, y se realiza el modelado UML de los casos de uso correspondiente. Posteriormente se detalla diseño de la interfaz de usuario y su implementación para ambas aplicaciones, así como las pruebas de validación con usuarios.
- Capítulo 4: Conclusiones. Se detallan las conclusiones obtenidas después del esfuerzo de realización del proyecto, se analizan los objetivos cumplidos y los principales problemas encontrados durante la ejecución de esta labor.
- Capítulo 5: Futuras líneas de investigación. Se hace una breve descripción de las líneas futuras de trabajo.
- Capítulo 6: Referencias bibliográficas.