

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA
Ingeniería de Telecomunicación

**Integración de funciones de medidas biométricas en tabletas
Apple**

Luis Miguel Redondo Franco

Mayo 2016

Integración de funciones de medidas biométricas en tabletas Apple

AUTOR: Luis Miguel Redondo Franco
TUTOR: Santiago Gimeno Valer
PONENTE: Eduardo Boemo Scalvinoni

Digital System Laboratory
Dpto. de Tecnología Electrónica y de Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Mayo 2016

Agradecimientos

Quiero dar las gracias a mis padres, Luis Miguel y Carmen, por haberme inculcado desde pequeño las ganas de querer estudiar y querer tener una carrera como la de Ingeniería de Telecomunicaciones. También tengo que agradecerles que hayan sido “pesados” para que no me venciera el desánimo y no tirará por la borda tantos años de esfuerzo hasta llegar al PFC.

Tengo que darles las gracias también a mis dos hermanos, Carlos y Javier, por haber estado a mi lado cada vez que he necesitado ánimos y porque gracias a ser su hermano mayor, he sentido la obligación de ser un ejemplo para ellos y esto me hace no rendirme nunca.

Por último, tengo que darle las gracias a mi novia, Dominique, porque siempre me ha entendido, me ha apoyado, me ha insistido y ha dado toda la importancia necesaria a que finalice mi formación académica y no ha permitido que me rindiera.

Con personas como vosotros a mi lado, todo es muchísimo más fácil. No os defraudaré.

¡¡MUCHAS GRACIAS A TODOS. OS QUIERO!!

Resumen

El proyecto se basa en el desarrollo de una aplicación móvil para tabletas iOS mediante la cual se integrarán las medidas recibidas desde sensores biomédicos. El sistema desarrollado recibirá las medidas obtenidas mediante sensores médicos y deberá procesarlas y mostrarlas en la interfaz desarrollada, además de permitir guardar dichas medidas en la Base de Datos creada en la tableta mediante la aplicación.

La aplicación debe permitir la conexión mediante tecnología Bluetooth Low Energy con monitores de tensión arterial y monitores de frecuencia cardíaca seleccionados para poder facilitar la integración mediante el SDK facilitado por el fabricante.

Palabras Clave

Apple

Aplicación Móvil

iOS

Sensores Biomédicos

Bluetooth Low Energy

SDK

Abstract

The project is based on the development of a mobile application for iOS tablets to integrate measures received from biomedical sensors. The developed system will receive the measurements obtained by medical sensors and it will process them and it will display them on the interface developed, as well as allow to save the measures in the database created on the tablet by the application.

The application must allow connection via Bluetooth Low Energy technology to blood pressure monitors and heart rate monitors selected to facilitate integration with the SDK provided by the manufacturer.

Key Words

Apple

Mobile Application

iOS

Biomedical Sensors

Bluetooth Low Energy

SDK

INDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Organización de la memoria.....	3
2	Estado del arte	5
2.1	Tecnología Bluetooth	5
2.1.1	Introducción.....	5
2.1.2	Historia del Bluetooth.....	6
2.1.3	Versiones del estándar Bluetooth	7
2.1.3.1	Bluetooth v1.2	7
2.1.3.2	Bluetooth v2.0/2.1 + EDR.....	7
2.1.3.3	Bluetooth v3.0 + High Speedy	8
2.1.3.4	Bluetooth v4.1 + Low Energy	9
2.1.3.5	Bluetooth v4.2	11
2.2	La Telemedicina	15
2.2.1	Seguridad y fiabilidad de los datos.....	16
2.2.2	Variedad para su uso y aplicación	16
2.2.3	Facilidad de Uso	17
3	Diseño.....	19
3.1	Diseño del Sistema	19
3.2	Elección de los dispositivos.....	20
3.2.1	Elección del monitor de tensión arterial	20
3.2.2	Elección de la tableta.....	22
3.2.2.1	Características técnicas de la tableta	23
3.3	Diseño de la Aplicación.....	23
3.3.1	Identidad Corporativa	23
3.3.2	Funcionamiento de la Aplicación.....	25
3.3.3	Diseño de las pantallas de la Aplicación	27
4	Desarrollo	34
4.1	Conexión con dispositivos iHealth.....	34
4.2	Storyboard de la Aplicación	37
4.2.1	UIViews.....	37
4.2.1.1	Pantalla de Inicio	37
4.2.1.2	Login de Facultativo Médico.....	38
4.2.1.3	Creación de Facultativo Médico.....	39
4.2.1.4	Pantalla Principal.....	40
4.2.1.5	Tabla de Medidas.....	41
4.3	Controladores.....	42
4.4	Dificultades en el código	43
4.4.1	Elección del modo de almacenamiento de datos	43
4.4.2	Representación de las medidas en una tabla.....	45
4.4.3	Variación de colores según rangos en los UITextView	45
5	Integración, pruebas y resultados	48
5.1	Pruebas de la Aplicación (Desarrollador).....	48
5.1.1	Pantalla de Inicio	48
5.1.2	Pantalla de Login.....	48
5.1.3	Pantalla Crear Usuario.....	49
5.1.4	Pantalla Principal.....	49

5.1.5 Pantalla Medidas.....	50
5.2 Pruebas de la Aplicación (Usuarios Reales).....	50
5.2.1 Paciente.....	50
5.2.2 Facultativo Médico	50
6 Conclusiones y trabajo futuro.....	52
6.1 Conclusiones.....	52
6.2 Trabajo futuro	53
6.2.1 Creación de una Aplicación Web	53
6.2.2 Nuevas Funcionalidades	54
6.2.3 Utilización de sensores con tecnología Bluetooth 4.2.....	54
Referencias	56
Glosario	57
Anexos	I
A Manual de usuario	I
B Dispositivos Utilizados.....	II

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - DIFERENCIAS CON AFH	7
FIGURA 2 – ARQUITECTURA v2.0/2.1 + EDR.....	8
FIGURA 3 - CONTROLADOR AMP.....	9
FIGURA 4 – CONTROLADOR LOW ENERGY	10
FIGURA 5 – ARQUITECTURA v4.1 + LOW ENERGY	10
FIGURA 6 – LOGOS BLUETOOTH SMART Y SMART READY	11
FIGURA 7 – TOPOLOGÍA DE RED DE CONEXIÓN DE BLE.....	13
FIGURA 8 – DIAGRAMA DE INTERCAMBIO DE DATOS MEDIANTE GATT	13
FIGURA 9 – ESQUEMA DE OBJETOS DE TRANSACCIONES GATT	14
FIGURA 10 – TENSÍOMETRO QARDIOARM.....	20
FIGURA 11 – TENSÍOMETRO WIRELESS BLOOD PRESSURE MONITOR	21
FIGURA 12 – TENSÍOMETRO BP7.....	21
FIGURA 13 – IPAD MINI + CELLULAR.....	22
FIGURA 14 – LOGOS APP	24
FIGURA 15 – PANTALLA EJEMPLO DE LA APP.....	25
FIGURA 16 – FLUJO DE USUARIO PACIENTE.....	26
FIGURA 17 – FLUJO DE USUARIO FACULTATIVO MÉDICO	27
FIGURA 18 – PANTALLA SELECCIÓN TIPO DE USUARIO	28
FIGURA 19 – PANTALLA DE REGISTRO DE FACULTATIVO MÉDICO	29
FIGURA 20 – FIGURA DE CREACIÓN DE NUEVO USUARIO	30
FIGURA 21 – PANTALLA PRINCIPAL PARA REALIZAR MEDIDAS	31
FIGURA 22 – PANTALLA DE HISTORIAL DE MEDIDAS.....	32
FIGURA 23 – PASO 1 DE REGISTRO DE APLICACIÓN	34
FIGURA 24 – CROQUIS DE INTEGRACIÓN MEDIANTE API GRATUITA DE IHEALTH	35

FIGURA 25 – SELECCIÓN DE INTEGRACIÓN CON IOS SDK.....	36
FIGURA 26 – STORYBOARD APLICACIÓN	37
FIGURA 27 – UIVIEW PANTALLA INICIAL.....	38
FIGURA 28 – UIVIEW LOGIN	39
FIGURA 29 – UIVIEW CREACIÓN USUARIO.....	40
FIGURA 30 – UIVIEW PANTALLA PRINCIPAL.....	41
FIGURA 31 – UIVIEW TABLA DE MEDIDAS.....	42
FIGURA 32 – CREACIÓN DE USUARIOS PERMANENTES EN BASE DE DATOS.....	44
FIGURA 33 – REPRESENTACIÓN EN UITABLEVIEW PARA MOSTRAR COLUMNAS	45
FIGURA 34 – CÓDIGO COLORES SEGÚN RANGO EN UITEXTVIEW.....	46
FIGURA 35 – POSIBLE MEJORA FUTURA DEL SISTEMA	53
FIGURA 36 – MEJORA DE MENÚ.....	54

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 – CLASES DE DISPOSITIVOS BLUETOOTH SEGÚN POTENCIA DE TRANSMISIÓN.....	5
TABLA 2 – CLASES DE DISPOSITIVOS BLUETOOTH SEGÚN CAPACIDAD DE CANAL.....	5
TABLA 3 – EJEMPLOS DE PERFILES EN GATT ADOPTADOS	14
TABLA 4 - CARACTERÍSTICAS IPAD MINI 4ª GENERACIÓN + CELLULAR.....	23
TABLA 5 – CLASIFICACIÓN SEGÚN TENSIÓN ARTERIAL	32

1 Introducción

1.1 Motivación

Hoy en día tanto en los hospitales como en los centros sanitarios o ambulatorios, existe la necesidad de monitorizar las constantes de los pacientes, ya sea como revisión rutinaria o debido a accidentes o problemas que surgen de manera inesperada.

La mayoría de los dispositivos de medición utilizados para la monitorización de pacientes, únicamente permiten obtener uno o dos tipos de medidas a la vez como pulso, tensión arterial, saturación de oxígeno en sangre, ... Esto obliga a que los facultativos y personal sanitario, tengan que utilizar varios dispositivos por paciente, con el consecuente gasto de luz, espacio, etc.

Además de tener que utilizar varios dispositivos para realizar la monitorización, hay que tener en cuenta que todos estos dispositivos necesitan una conexión vía cable para poder transmitir las mediciones a los monitores, lo que delimita mucho la movilidad de los pacientes y obliga a tener unas zonas limitadas y habilitadas para poder realizar estas monitorizaciones.

Existen áreas en las que es necesaria una monitorización continua como la Unidad de Cuidados Intensivos, quirófanos, urgencias, sin embargo, en áreas como el hospital de día o la hospitalización, esta monitorización continua no es necesaria y podrían utilizarse nuevas tecnologías para mejorar estos procesos de monitorización y poder reducir costes derivados de los mismos.

El uso de la telemedicina podría ayudar en la reducción de tiempos de hospitalización y permitir el ahorro de costes en las situaciones en las que no fuera necesaria una monitorización continua. La utilización de nuevas tecnologías inalámbricas, como el Bluetooth, puede contribuir a mejorar la eficiencia del personal de enfermería, facilitar su trabajo y ahorrar costes derivados de un mal uso de fungibles, como cables y sensores, de espacios habilitados únicamente para estas monitorizaciones, de energía, etc.

El uso de estas nuevas tecnologías, también aportan una mayor facilidad para la movilidad de los pacientes, ya que eliminarían el uso de cableado para poder transmitir las medidas a los monitores donde se mostrarían las constantes medidas, además de permitir incluir en un mismo dispositivo varias mediciones distintas, que hoy en día no es posible con los dispositivos existentes.

La telemedicina, también permitiría realizar seguimiento a pacientes sin necesidad de que se desplazaran a sus centros de salud u hospitales, permitiendo así tener mayor disponibilidad en los centros de salud y que los facultativos revisen las medidas de los pacientes desde su ordenador, Tablet o dispositivo móvil, disminuyendo así el tiempo por utilizado por paciente.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es el de crear un sistema de telemedicina que permita recoger y estudiar varias medidas biomédicas desde un único dispositivo, además de permitir una mayor libertad de movilidad de los usuarios de este sistema.

Gracias a la tecnología Bluetooth, este sistema de telemedicina no necesitará el uso de cables para poder realizar las medidas, cosa que otorga esta movilidad extra que era uno de los objetivos cuando se comenzó con este proyecto.

El sistema a implementar va a constar de dos partes diferenciadas:

- Sensor de medidas: Sensor que se conectará mediante tecnología Bluetooth a una tableta y que será el encargado de recoger las medidas de las constantes del paciente. Las constantes que van a ser recogidas por el dispositivo son:
 - Presión arterial mediante Tensiómetro.
 - Frecuencia cardiaca mediante Pulsímetro.
- Tableta: Dispositivo que servirá para seleccionar el tipo de usuario que va a utilizar la aplicación y que permitirá que las medidas puedan ser vistas por el paciente mediante una aplicación móvil diseñada para ello. Se permitirá el almacenamiento de las medidas en una Base de Datos creada en la propia tableta para poder realizar un seguimiento de las medidas realizadas a los diferentes pacientes.

La ejecución de este sistema de telemedicina que es capaz de canalizar varias medidas de sensores en un único dispositivo, aportará los siguientes beneficios:

1. Facilidad de uso de dispositivos tanto para el personal sanitario como para el propio paciente si tuviera que realizar las mediciones el mismo, al tener que utilizar únicamente un dispositivo.
2. Mejora de la eficiencia del personal ya que no sería necesario que el paciente se desplazara al centro médico para cada medición, ya que podría realizarla el mismo y podría almacenarlas en la tableta.
3. Mayor movilidad y seguridad para el paciente debido al uso de tecnología Bluetooth y a la no necesidad de utilizar cableado para realizar las medidas con los dispositivos.
4. Ahorro de tiempo y costes de hospitalización mediante la telemedicina ya que se nos permitiría la monitorización de pacientes fuera del entorno hospitalario.

Gracias a la gran aceptación de las nuevas tecnologías y las tabletas en la población y el conocimiento adquirido por la población en la utilización de estos dispositivos, el diseño de un sistema como el propuesto en este proyecto, permitirá que además de los objetivos expuestos anteriormente, sean los propios pacientes o usuarios los que puedan mantener un control temporal y monitorizado de sus mediciones para poder prevenir posibles problemas sin necesidad de usar nada más que una tableta y un sensor conectado a ella.

1.3 Organización de la memoria

La memoria consta de los siguientes capítulos:

- Introducción: Motivación, objetivos y organización.
- Estado del arte: Tecnología Bluetooth y Sistemas de Telemedicina.
- Diseño: Diseño del sistema, Elección de dispositivos y Diseño de la Aplicación
- Desarrollo.
- Integración, pruebas y resultados.
- Conclusiones y Trabajo futuro.

2 Estado del arte

2.1 Tecnología Bluetooth

2.1.1 Introducción

Bluetooth es un medio de comunicación entre diferentes dispositivos (de 10 a 100 m) por ondas de radio en la banda ISM de 2,4 GHz. Es el estándar utilizado para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) definidas en el IEEE 802.15.1.

Los principales objetivos para lo que se creó dicha tecnología son los siguientes:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.
- Eliminar los cables y conectores entre éstos.

Los dispositivos que incorporan este protocolo pueden comunicarse entre sí cuando se encuentran dentro de su alcance, no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión es suficiente. Los dispositivos Bluetooth pueden clasificarse según su potencia de transmisión o según su capacidad de canal.

1. Potencia de Transmisión

Clase	Potencia máxima permitida (mW)	Potencia máxima permitida (dBm)	Alcance (aproximado)
Clase 1	100 mW	20 dBm	100 metros
Clase 2	2.5 mW	4 dBm	5-10 metros
Clase 3	1 mW	0 dBm	1 metro

Tabla 1 – Clases de dispositivos Bluetooth según Potencia de Transmisión

2. Capacidad de Canal

Versión	Ancho de Banda
Versión 1.2	1 Mbit/s
Versión 2.0 + EDR	3 Mbit/s
Versión 3.0 + HS	24 Mbit/s
Versión 4.0	32 Mbit/s

Tabla 2 – Clases de dispositivos Bluetooth según Capacidad de Canal

2.1.2 Historia del Bluetooth

Los holandeses Jaap Haartsen y Mattisson Sven desarrollaron en Ericsson en el año 1994 un sistema para reemplazar el cable. Como resultado aparece una tecnología de saltos de frecuencia de amplio espectro, permitiendo entre otras ventajas que los estándares sean retrocompatibles. Esta retrocompatibilidad permite que todas las nuevas versiones de los estándares de Bluetooth diseñadas cubran las versiones anteriores.

El Bluetooth Special Interest Group (SIG) anunció formalmente el 20 de mayo de 1998 las especificaciones de la tecnología Bluetooth. El SIG fue creado por Ericsson, IBM, Intel, Toshiba y Nokia y hoy cuenta como miembros con más de 20.000 empresas en todo el mundo.

En 1999 Bluetooth lanzó su primera versión, la 1.0, que permitía una velocidad de hasta 1Mbps a una distancia menor de 10 metros. Tras este lanzamiento de la v1.0, apareció la v1.k, estas dos versiones tuvieron muchos problemas ya que no permitían la interoperabilidad entre dispositivos y no permitían el anonimato a nivel de protocolo ya que añadían en el hardware la dirección del dispositivo en la transmisión.

Tras las versiones anteriores, apareció la primera versión ratificada como estándar IEEE 802.15.1-2002, esta versión es la v1.1 y fue ratificada en el año 2002. La versión posterior apareció en el año 2003, v1.2, y fue ratificado como estándar IEEE 802.15.1-2005.

En el año 2004 se lanza la v2.0 + EDR, centrándose en la reducción de consumo de energía mediante EDR en ciclo de trabajo reducido. Por estas fechas, ya existían más de 250 millones de dispositivos a nivel mundial que utilizaban la tecnología Bluetooth.

A partir de esta versión, el crecimiento de dispositivos con tecnología Bluetooth fue exponencial, alcanzando el billón de dispositivos en el año 2006, incluyendo todo tipo de dispositivos en la base instalada como ordenadores, teléfonos móviles, manos libres...

Las últimas versiones de Bluetooth, v3.0 + High Speedy y v4.0, fueron lanzadas respectivamente en los años 2009 y 2011 y fueron adoptadas por SIG. Estas últimas versiones se centraron en conseguir una alta velocidad de transferencia y convirtieron el estándar Bluetooth en una tecnología de alta velocidad.

2.1.3 Versiones del estándar Bluetooth

2.1.3.1 Bluetooth v1.2

Versión posterior y mejorada de la v1.0 y v1.1 y ratificada por el estándar IEEE 802.15.1-2005 diseñada para utilizar las frecuencias 2,4 a 2,48 GHz de la banda ISM. Incluye importantes mejoras comparado con las versiones anteriores, como:

- Compatibilidad con USB1.1.
- Mejora la velocidad de conexión y transferencia de datos a 721 kbits/s en comunicación Full Dúplex.
- Añadida la función de detección de otros dispositivos Bluetooth (Discovery).
- Mejoras en la calidad del audio porque permite la retransmisión de paquetes corruptos con Conexiones Síncronas Extendidas (ESCO).
- Cubre cuatro niveles de la pila de protocolos (Figura 1).
- Salto de frecuencia adaptable de espectro ampliado (AFH), dividiendo el espectro en 79 frecuencias con intervalos de 1 MHz para aportar robustez al sistema ante interferencias o Fading (Figura 2).
- Host Controller Interface (HCI) apoyo a tres hilos UART.
- Añadido control de flujo y modos de retransmisión L2CAP.

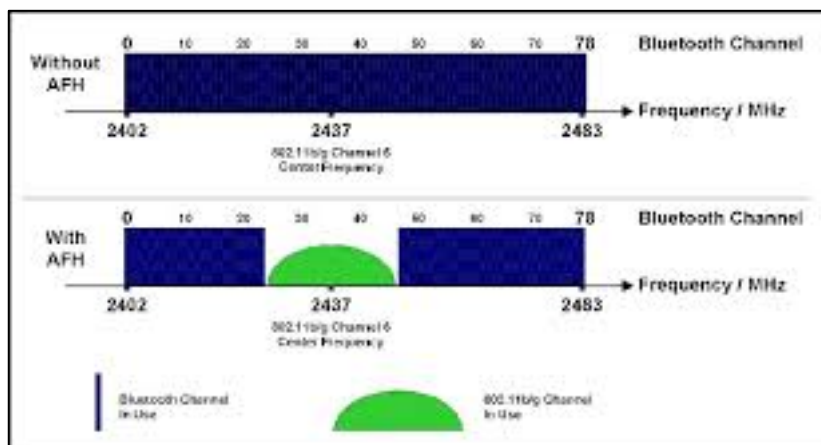


Figura 1 - Diferencias con AFH

2.1.3.2 Bluetooth v2.0/2.1 + EDR

Versión lanzada en 2004 que abarca todas las especificaciones de la v1.2 e introduce varias mejoras con respecto a esta versión, que son:

- Mayor velocidad de datos gracias a la opción EDR (Enhanced Data Rate).

- Tasa binaria teórica de hasta 3Mbit/s gracias a la combinación de modulación GFSK y PSK ($\pi/4$ – DPSK y 8DPSK). En la práctica esta tasa sólo alcanzaba los 2,1Mbit/s.
- EDR permitía también un menor consumo de energía, a través de un flujo de trabajo reducido.
- Incluye el sistema SSP (Secure Simple Pairing) que permitía un mayor filtrado y aumento de la seguridad de los datos transmitidos.
- Adoptada por el Bluetooth SIG el 26 de Julio de 2007.

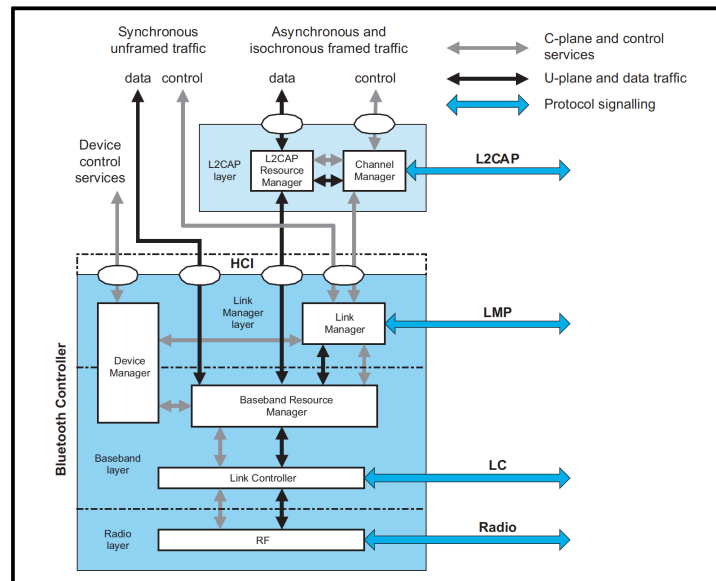


Figura 2 – Arquitectura v2.0/2.1 + EDR

2.1.3.3 Bluetooth v3.0 + High Speedy

Versión lanzada en abril de 2009 que abarca todas las especificaciones de las versiones anteriores e introducía como mejora más importante la posibilidad del uso de alta velocidad. Las características más importantes de esta nueva versión son:

- Aumento de la velocidad de transferencia de datos a 24Mbit/s.
- Utilización de la tecnología Bluetooth para establecer la conexión entre dispositivo y utilización de Wi-Fi mediante el estándar 802.11 para el tráfico de datos a alta velocidad.
- Incorpora un controlador AMP (Alternativa MAC/PHY, Figura 5) que permite el cambio de modo de datos en los dispositivos de tecnología Bluetooth para conexión a estándar 802.11 para transferencia de datos a alta velocidad. En un principio se iba a incluir la tecnología UWB en el controlador AMP, pero finalmente solo se incorporó el estándar 802.11.

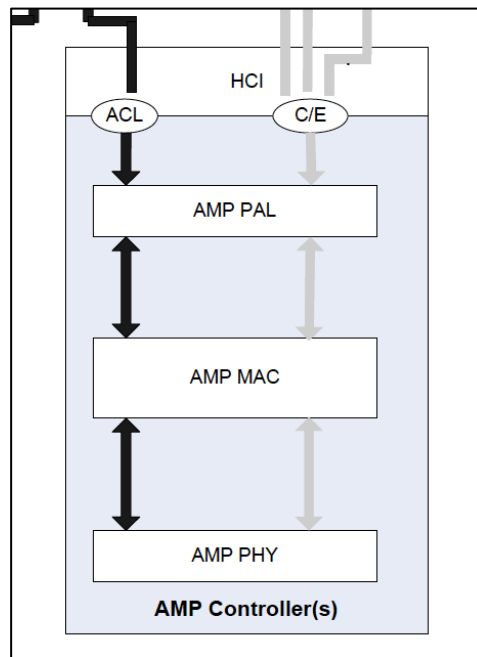


Figura 3 - Controlador AMP

2.1.3.4 Bluetooth v4.1 + Low Energy

Versión lanzada en 2010 que abarca todas las especificaciones de las versiones anteriores. Comenzó llamándose Wibree o Bluetooth ULP (Ultra Low Power), pero finalmente adoptó el nombre Bluetooth LE (Low Energy).

Las características más importantes de esta nueva versión son:

- Velocidad de transmisión de 32Mbit/s, aunque no haya un salto como en anteriores versiones, sigue aumentando la velocidad en esta versión gracias a la utilización de la tecnología Bluetooth para la conexión y el estándar 802.11 para la transferencia de volúmenes de datos.
- Su arquitectura es exactamente igual que la anterior versión incluyendo un bloque controlador de bajo consumo (Figura 6).
- Permite la coexistencia con señales móviles LTE (4G) sin que haya interferencias.
- Los dispositivos pueden funcionar como concentrador y periférico al mismo tiempo, es decir, permite una topología dual.
- Bajo consumo que permite que los dispositivos funcionen durante años con una simple pila de botón.

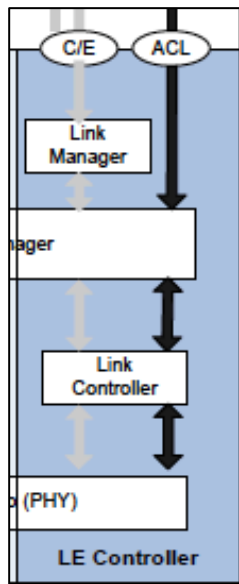


Figura 4 – Controlador Low Energy

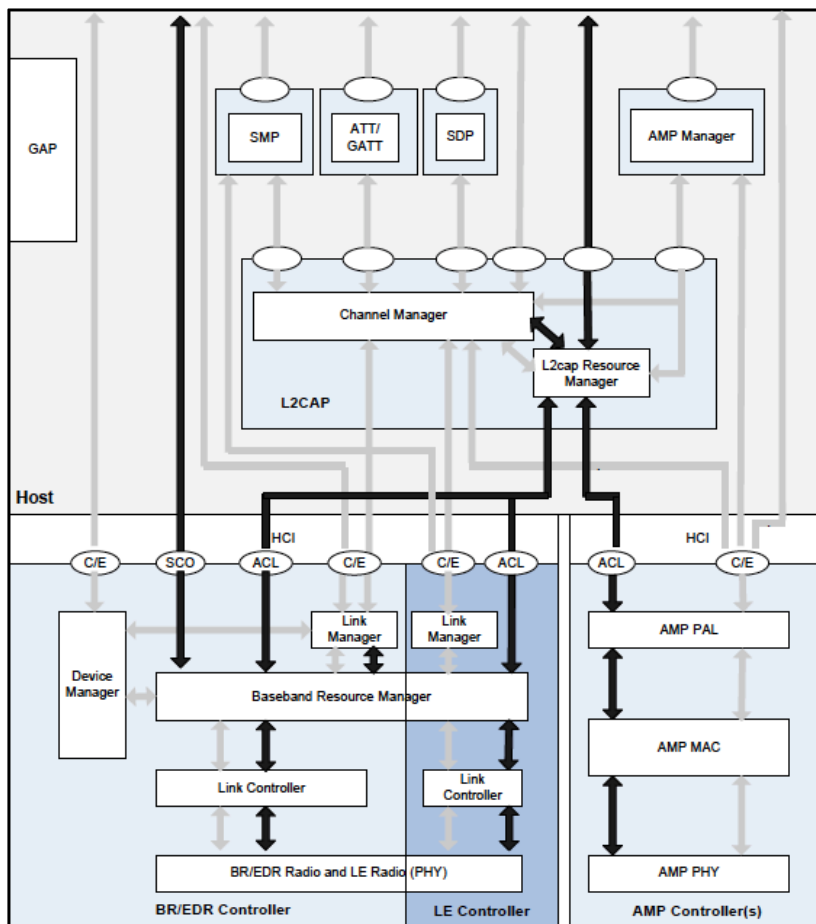


Figura 5 – Arquitectura v4.1 + Low Energy

2.1.3.4.1 Compatibilidad de Dispositivos

Existen dos tipos de dispositivos capaces de trabajar con el estándar Bluetooth 4.0 o Low Energy, cuyos logotipos se presentaron a finales de 2011, Bluetooth Smart Ready para los anfitriones y Bluetooth Smart (Figura 8) para los sensores.



Figura 6 – Logos Bluetooth Smart y Smart Ready

2.1.3.4.1.1 Bluetooth Smart

Los dispositivos Bluetooth Smart únicamente son capaces de operar con dispositivos Bluetooth Smart o Smart Ready, esto significa que solo tienen implementado el controlador de baja energía Bluetooth. Este tipo de dispositivos solo pueden ser utilizados como sensores que actúen o repliquen a un dispositivo Smart Ready – p.e. dispositivos médicos, relojes, sensores temperatura, etc...

El Bluetooth Special Interest Group tiene un listado de los dispositivos registrados compatibles con la especificación Bluetooth LE, ya sean Smart Ready o Smart que puede encontrarse en la web de Bluetooth (https://www.bluetooth.org/tpg/listings.cfm?_ga=1.24244154.1281699692.1462881864).

2.1.3.4.1.2 Bluetooth Smart Ready

Los dispositivos Bluetooth Smart Ready son aquellos capaces de operar tanto con dispositivos Bluetooth de versiones anteriores a BLE como con dispositivos Bluetooth Smart. Estos dispositivos definidos como Bluetooth Smart Ready actúan generalmente como concentradores dentro de un sistema, como es el caso de las Tablet, Smartphones u Ordenadores Portátiles.

2.1.3.5 Bluetooth v4.2

Versión lanzada en Diciembre de 2014. Añade nuevas características y beneficios a la tecnología Bluetooth Smart, los cuales mejoran la experiencia de usuario y aporta ventajas

para los desarrolladores y los fabricantes. Esta versión hace que la tecnología Bluetooth sea más rápida e inteligente e ideal para IoT (Internet de las Cosas).

Los nuevos beneficios que incluye esta versión son:

- IoT: Permite la conexión de los dispositivos Bluetooth Smart a Internet a través de un dispositivo pasarela mediante:
 - Low-Power IP (IPv6/6LoWPAN) disponible a través del Internet Protocol Support Profile (IPSP).
 - Bluetooth Smart Internet Gateways (GATT) disponible a través del Servicio Proxy HTTP (HPS) y la API REST.

- Tecnología más inteligente:
 - Mediante la característica LE Privacy 1.2 permite que el dispositivo solo pueda ser trackeado por el propio dispositivo y por un grupo de confianza consiguiendo mediante la introducción de nuevas mejoras, que el dispositivo sea más eficiente en el consumo de energía.
 - Mediante la característica de LE Secure Connections se permite que el dispositivo y la conexión sean altamente seguros realizando un cifrado compatible con FIPS.

- Tecnología más rápida: Mediante la característica LE Data Length Extension permite una capacidad de paquetes 10 veces más grande que la versión anterior y con una velocidad 2,5 veces superior.

2.1.3.5.1 Protocolo GATT

La mejora más relevante de esta versión de Bluetooth, es la utilización de GATT (Generic Attribute Profile), que define la manera de transferir datos entre dos dispositivos del estándar Bluetooth Low Energy utilizando conceptos que se denominan Servicios y Características.

Utiliza un protocolo de datos genérico (ATT) que es utilizado para almacenar prestaciones, características y datos relacionados en una tabla de búsqueda simple usando los IDs de 16 bits para cada entrada de dicha tabla.

En las transacciones GATT existen únicamente dos tipos de dispositivos el Servidor GATT, que es el periférico que se conecta a un dispositivo central, Cliente GATT (teléfono/tableta). Un dispositivo periférico sólo puede conectarse a un dispositivo central pero un dispositivo central puede conectarse a múltiples dispositivos.

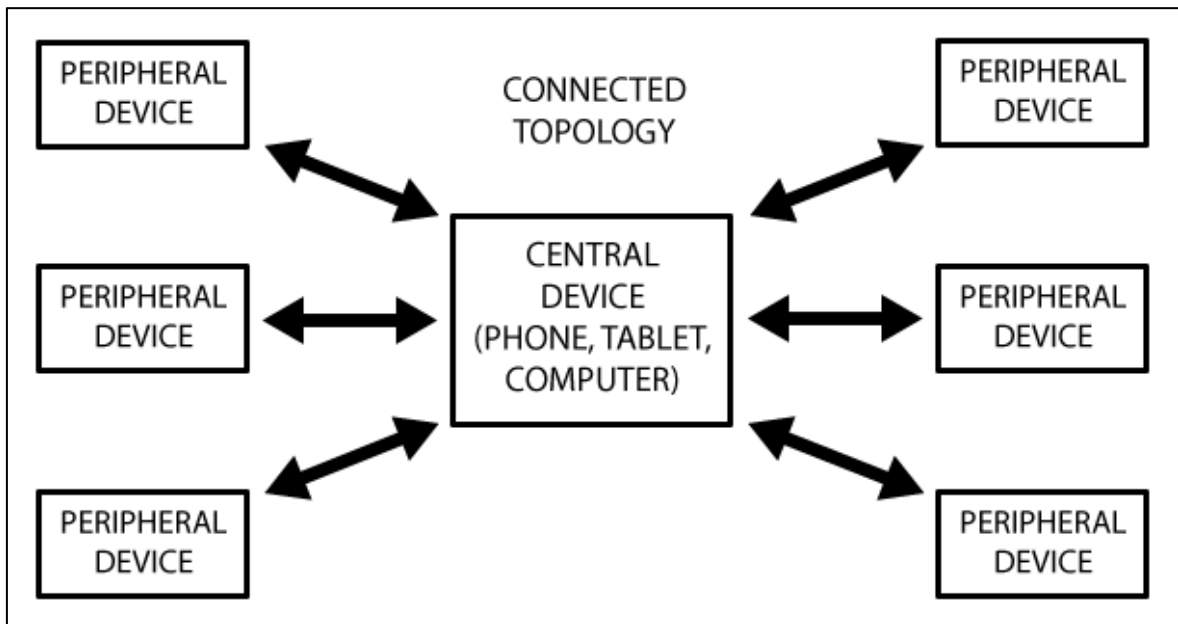


Figura 7 – Topología de red de conexión de BLE

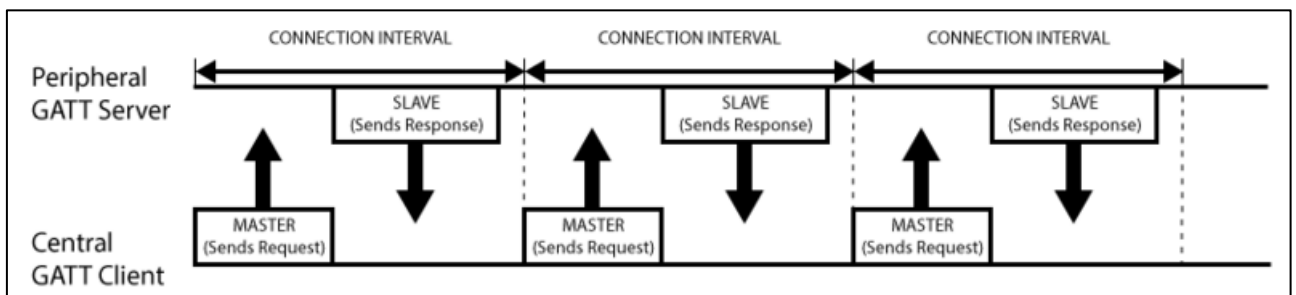


Figura 8 – Diagrama de intercambio de datos mediante GATT

Las transacciones GATT se basan en objetos anidados denominados perfiles, servicios y características.

- **Perfiles:** Es una colección predefinida de servicios que ha sido compilado o por la Bluetooth SIG o por los creadores de los periféricos. Existe un listado de perfiles de GATT adoptados oficialmente (<https://developer.bluetooth.org/TechnologyOverview/Pages/Profiles.aspx#GATT>).

GATT Based	
ANP	Alert Notification Profile
ANS	Alert Notification Service
BAS	Battery Service
BLP	Blood Pressure Profile
BLS	Blood Pressure Service
CTS	Current Time Service
DIS	Device Information Service
FMP	Find Me Profile

HTP	Health Thermometer Profile
HRP	Heart Rate Profile
HRS	Heart Rate Service
HIDS	HID Service
HOGP	HID Over GATT Profile
IAS	Immediate Alert Service
LLS	Link Loss Service
NDCS	Next DST Change Service
PASP	Phone Alert Status Profile
PASS	Phone Alert Status Service
PXP	Proximity Profile
RTUS	Reference Time Update Service
ScPP	Scan Parameters Profile
ScPS	Scan Parameters Service
TIP	Time Profile
TPS	Tx Power Service

Tabla 3 – Ejemplos de Perfiles en GATT adoptados

- **Servicios:** Se usan para separar los datos en entidades lógicas y contienen trozos específicos de datos que se denominan características. Un servicio puede tener una o múltiples características y los servicios se identifican entre ellos mediante el UUID que es un identificativo de 16 bits si es un Servicio BLE adoptado oficialmente, o 128 bits para servicios personalizados.
- **Características:** Es el concepto de nivel más bajo en las transacciones GATT y contiene un punto de datos. Se diferencian entre ellas mediante UUID como los servicios.

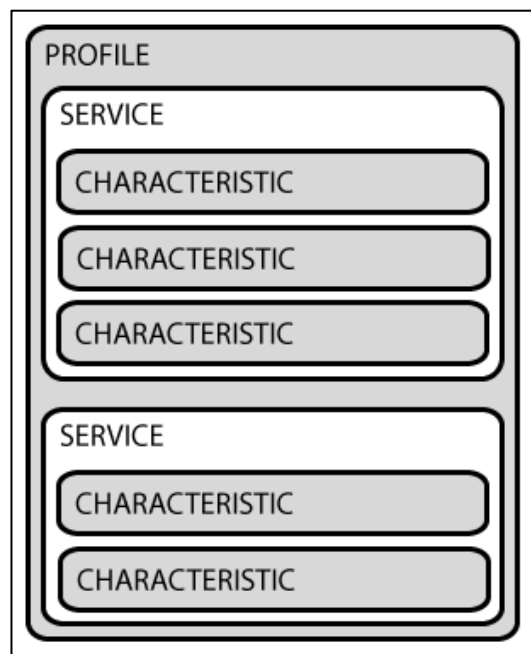


Figura 9 – Esquema de objetos de transacciones GATT

2.2 La Telemedicina

Cada día se hace más presente que es necesaria una buena salud para conseguir un desarrollo y formación intelectual óptimos según estudios realizados por la OMS (Organización Mundial de la Salud). Gracias a la Telemedicina es más fácil poder ayudar y superar algunas de las dificultades que encuentran los profesionales de la medicina para poder conseguir un mantenimiento y seguimiento sostenible de la salud de la población a nivel global. La Telemedicina, además de facilitar el trabajo a los profesionales del sector, también permite mejorar la calidad de vida de los pacientes, los cuales no tendrían que desplazarse para cualquier consulta médica y además podría permitir un diagnóstico precoz de algunos problemas de salud o un seguimiento de una enfermedad de manera controlada y a distancia.

La Telemedicina, además de mejorar la calidad de los pacientes y evitar desplazamientos, permite mejoras que ayudan a la sostenibilidad de los sistemas sanitarios de los países, permitiendo, por ejemplo:

- Reducir los ingresos y estancias hospitalarias para seguimiento o control de enfermedades, solución que permitiría disponer de más espacios para otros pacientes con necesidad real de estancia hospitalaria.
- Posibilidad de disminuir las citas médicas de atención primaria, como las citas para seguimiento de tensión arterial, oxígeno en sangre, pulso... utilizando dispositivos que realicen esta labor y puedan enviar dichos resultados al personal médico.
- Diagnósticos precoces, que permitan descubrir síntomas que sólo pueden ser descubiertos mediante una monitorización total de las constantes del paciente.
- Seguimiento de enfermos crónicos sin necesidad de desplazamiento tanto del paciente como de personal sanitario.
- Diagnosticar y actuar en tiempo real si hubiese algún indicio de que hay algo que no es correcto en algún paciente.
- La llegada de una atención especializada salvando las distancias y la topología geográfica.

Con el paso de los años, es más común encontrar infraestructuras tecnológicas que permiten a los pacientes llevar un control de sus señales biomédicas y poder compartirlas con su médico para hacer un seguimiento y poder actuar de la mejor manera en el caso de que fuera necesario.

Un sistema de telemedicina debe cumplir varias condiciones primordiales para su éxito y puesta en marcha en el mercado:

- Seguridad y fiabilidad de los datos
- Variedad para su uso y aplicación
- Facilidad de Uso

2.2.1 Seguridad y fiabilidad de los datos

Uno de los principales problemas a la hora de utilizar la Telemedicina es la fiabilidad de los datos obtenidos mediante los dispositivos inalámbricos. Los fabricantes tienen que pasar muchos controles para demostrar la fiabilidad de las medidas obtenidas, comparadas con las medidas obtenidas por dispositivos manuales y así poder conseguir la homologación de dichos dispositivos.

Por otro lado, aparece el problema de la sensibilidad de los datos médicos y la rigurosidad por parte de la legislación en el tratamiento de dichos datos obtenidos mediante el uso de dispositivos.

Estos “problemas” limitan el uso de dispositivos estándares ya que cada cambio o mejora implica la necesidad de volver superar el proceso de homologación y esto retrasa la comercialización de los nuevos dispositivos.

La aparición de la nueva versión de Bluetooth v4.2, está permitiendo que la mayoría de los dispositivos médicos la utilicen, facilitando la comunicación con los dispositivos receptores de los datos capturados por los dispositivos inalámbricos.

La ventaja de la solución escogida para conseguir el objetivo planteado, el uso de una tableta con SO iOS como integrador de señales, es poder aportar al usuario mejores funcionalidades e incrementar la información mediante el uso de aplicaciones diseñadas para poder facilitar la interacción y la recepción de la información.

La desventaja del uso de una tableta es el problema de la homologación como dispositivo médico frente a la homologación de un dispositivo diseñado exclusivamente para este fin.

2.2.2 Variedad para su uso y aplicación

Lo ideal en estos sistemas de Telemedicina es que puedan ser utilizados en varios ámbitos de la vida y para diversas funciones. Hoy en día la utilización de estos sistemas es muy variada y abarca desde uso médico a uso personal para hacer deporte.

Algunos de los ejemplos de sectores donde se usan estos sistemas y para qué, son los siguientes:

- Sector Deportivo y Farmacia: Control de peso, control de capacidad pulmonar, control de presión arterial, ... Todas estas medidas pueden permitir el control de posibles arritmias y la detección rápida de posibles problemas cardiovasculares.
- Sector Médico: El uso de estos sistemas permitiría una captura de constantes vitales en condiciones de vida normales, lo que permitiría una detección pronta y precisa de posibles problemas como arritmias, insuficiencias cardíacas, diabetes, sobrepeso...

2.2.3 Facilidad de Uso

Para que un sistema de Telemedicina tenga éxito y aceptación, lo primordial es la facilidad de uso de los sensores biométricos para los pacientes. Estos sensores son los encargados de capturar las señales biomédicas de los pacientes como tensión, pulso, SpO2, glucosa... y es necesaria su facilidad de uso y que los usuarios no necesiten conocimientos médicos específicos para poder utilizarlos.

Gracias a la tecnología Bluetooth, los dispositivos inalámbricos utilizados para la telemedicina permiten liberar la movilidad del paciente sin necesidad de que el paciente permanezca conectado de manera física al dispositivo, ya que disponen de una zona de actuación del Bluetooth en la que el dispositivo estaría conectado y podría enviar las mediciones realizadas.

El uso de dispositivos inalámbricos, permite una conexión automática y envío automático de las medidas a un Ordenador Personal, Smartphone, Tableta o dispositivo diseñado únicamente para la conexión con dicho sensor.

3 Diseño

El sistema diseñado consiste en un sistema de telemedicina compuesto por un sensor médico que se conecta mediante comunicación Bluetooth a una tableta con SO (Sistema Operativo) iOS y que almacena los datos de manera interna. Estos datos pueden ser revisados por parte del personal sanitario o por parte del propio paciente que puede almacenar las mediciones realizadas en la Base de Datos identificándolas mediante su nombre.

El sistema se ha diseñado para su utilización por parte de dos tipos de usuarios:

1. **FACULTATIVO MÉDICO:** Permitirá al facultativo médico que utilizará la aplicación en una tableta en hospitales o centros de salud, identificarse mediante su DNI y contraseña, crear usuarios nuevos, realizar medidas, almacenar las medidas añadiendo un identificativo por paciente y poder revisar el historial de medidas de sus pacientes.
2. **PACIENTE:** El paciente que utilizaría la aplicación en su tableta personal podrá realizar mediciones y almacenarlas en la Base de Datos de su tableta para poder revisarlas posteriormente y poder realizar un seguimiento de todas las medidas realizadas y guardadas de manera autónoma.

3.1 Diseño del Sistema

El sistema está compuesto por un sensor médico que se conecta mediante comunicación Bluetooth a una tableta con SO (Sistema Operativo) iOS. Dicho dispositivo médico está equipado con varios sensores para la toma de medidas biomédicas como:

- Tensión Arterial.
- Frecuencia cardíaca.

Este dispositivo médico funciona con baterías internas con carga suficiente para no necesitar una fuente de alimentación externa para su funcionamiento. La tableta recibe las señales medidas a través de la tecnología Bluetooth y permite mostrarlas en la interfaz diseñada, además de almacenar estas medidas en una base de datos local, donde se guardarán las medidas realizadas para poder mostrarlas posteriormente. La gestión de la comunicación Bluetooth y de la representación y almacenamiento de datos se realiza desde la aplicación desarrollada en código nativo para la tableta Apple, permitiendo a los usuarios llevar un control exhaustivo de las mediciones realizadas a lo largo del tiempo, mostrando estos resultados con un formato de nombre, medidas y fecha en la que se realizaron dichas medidas.

3.2 Elección de los dispositivos

3.2.1 Elección del monitor de tensión arterial

Para seleccionar el dispositivo correcto, era necesario que además de medir la presión sanguínea, también pudiera medir el pulso para así incluir dos medidas distintas en el mismo dispositivo de monitorización.

Algunas de las opciones que existen en el mercado a día de hoy son:

Tensiómetro QARDIOARM

- Fabricante: QARDIO
- Bluetooth v4.0
- Modo de medida: Oscilométrico.
- Precisión: 2% presión sanguínea
- Precisión: 5% pulso



Figura 10 – Tensiómetro QARDIOARM

Tensiómetro Wireless Blood Pressure Monitor

- Fabricante: Withings
- Bluetooth v4.0
- Modo de medida: Oscilométrico.
- Precisión: 2% presión sanguínea
- Precisión: 5% pulso



Figura 11 – Tensiómetro Wireless Blood Pressure Monitor

Tensiómetro BP7

- Fabricante: iHealth Lab Inc.
- Bluetooth V3.0+EDR Class 2 SPP.
- Modo de medida: Oscilométrico.
- Precisión: 2% presión sanguínea
- Precisión: 5% pulso



Figura 12 – Tensiómetro BP7

El tensiómetro seleccionado para la realización del Sistema de telemedicina es el **Tensiómetro BP7** del fabricante iHealth Lab Inc.

La elección se ha basado en varios factores determinantes:

- Precio del sistema final, ya que este dispositivo es el más económico de los valorados, teniendo las mismas capacidades.
- Conectividad, ya que este dispositivo al utilizar una versión más baja de Bluetooth, puede conectar con un rango mayor de dispositivos, que los otros modelos, que solo podrán conectar con tabletas de última generación con Bluetooth v4.0.

- Facilidad de desarrollo, ya que iHealth es el único de los fabricantes que dispone de un SDK (Software Development Kit) para realizar el desarrollo de la aplicación de forma nativa.

3.2.2 Elección de la tableta

La tableta seleccionada para utilizar en este sistema telemático debe cumplir los siguientes requisitos:

- Sistema Operativo iOS versión 7.0 o superior
- Versión de Bluetooth 4.0
- Conexión Wi-Fi
- Conexión 3G

Dentro del portfolio de productos de Apple, compañía que fabrica las tabletas con SO iOS, el cumplimiento del requisito de la versión Bluetooth 4.0 obliga a la elección de una tableta iPad de 2ª generación o superior.

Se ha elegido una tableta iPad Mini de 4ª generación con SO iOS 9 con conexión Wi-Fi 802.11n con MIMO y con compatibilidad con el protocolo Bluetooth 4.0.

El sistema telemático desarrollado podría ser utilizado en cualquier tableta Apple de 2ª generación con versión de SO 7.0 o superior.



Figura 13 – Ipad Mini + Cellular

3.2.2.1 Características técnicas de la tableta

Modelo	iPad Mini 4ª Generación + Cellular
Capacidad	32 GB
Dimensiones	Alto: 20 cm Ancho: 13,47 cm Fondo: 0,75 cm Peso: 341 g
Pantalla	Pantalla Multi-Touch retroiluminada por LED de 7,9 pulgadas con tecnología IPS
Chip	Chip A7 con arquitectura de 64 bits y coprocesador de movimiento M7
Redes Inalámbricas	Wi-Fi (802.11a/b/g/n); doble banda (2,4 y 5 GHz) y MIMO Tecnología Bluetooth 4.0 UMTS/HSPA/HSPA+/DC-HSDPA/GSM-EDGE CDMA EV-DO Rev. A y Rev. B
Batería y alimentación	Recargable integrada de polímeros de litio de 23,8 vatios/hora
Requisitos ambientales	Temp. de funcionamiento: entre 0 y 35 °C Temp. de almacenamiento: de -20 a 45 °C Humedad relativa: del 5 al 95% sin condensación Altitud máxima de funcionamiento: probado hasta 3.000 m

Tabla 4 - Características iPad Mini 4ª Generación + Cellular

3.3 Diseño de la Aplicación

3.3.1 Identidad Corporativa

A la hora de realizar una aplicación que va a ser utilizada para el sector médico, es muy importante la limpieza y la claridad en la interfaz gráfica, para facilitar el uso de la aplicación y que no pueda llevar a equivocaciones en la utilización.

Para ello, lo primero es elegir un nombre para la aplicación fácil de recordar y que sea autodescriptivo de la propia aplicación, el nombre elegido para la aplicación es el de **heartapp**. Basándome en este nombre he diseñado un conjunto de logos y pantallas para otorgar a la aplicación un diseño corporativo y fácilmente reconocible por el usuario. Se ha buscado un diseño estético personalizado, atractivo y funcional.

La aplicación está compuesta por formas sencillas siguiendo las más modernas tendencias en diseño web (Material Design y Flat UI). De esta forma se consigue una experiencia de usuario fluida, con un diseño sencillo y nada sobrecargado.

Los contenidos son mostrados de manera directa para facilitar el acceso a la información y la interacción de los usuarios, teniendo en cuenta que esta aplicación ha sido diseñada para que pueda ser utilizada por personas de cualquier edad.

A continuación, se muestran el diseño del logo y de las pantallas de la aplicación:

- **Logos:** El logotipo es una de las partes fundamentales de la aplicación, ya que es lo primero que el usuario va a ver cuándo descargue o acceda a la aplicación. El logotipo diseñado está formado por un estetoscopio o fonendoscopio cuyo cable forma un corazón. Se han escogido estas formas y aparatos médicos para que el logo fuera autodescriptivo como comentábamos anteriormente, ya que la aplicación va a integrar un sensor con la tableta que permitirá la medición de la frecuencia cardiaca y el pulso del paciente.



Figura 14 – Logos App

- **Pantallas:** Las pantallas han sido diseñadas pensando en la facilidad de uso por parte del usuario, ya sea facultativo médico o paciente. Usando tonos y colores que coincidan con los utilizados en el logo y dando prioridad de visualización a las medidas obtenidas mediante el sensor médico elegido.

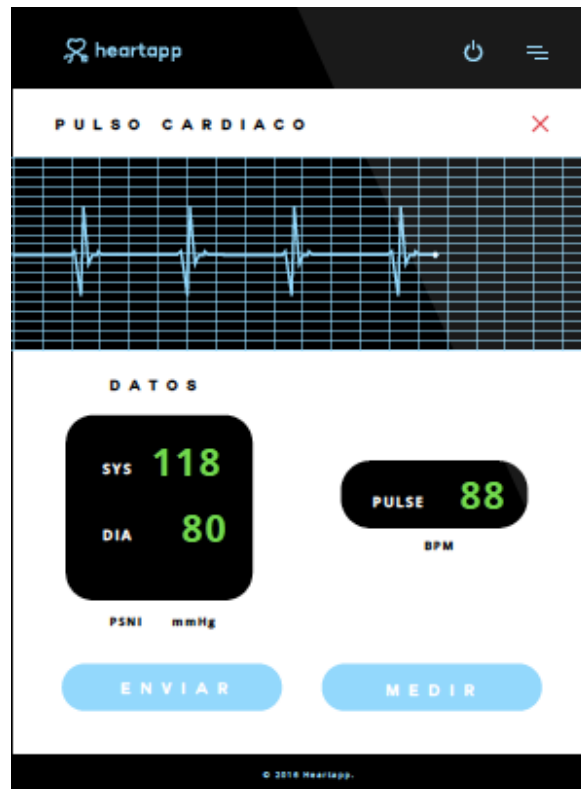


Figura 15 – Pantalla Ejemplo de la App

3.3.2 Funcionamiento de la Aplicación

La aplicación ha sido diseñada para ser utilizada por dos tipos de usuarios: pacientes y facultativos médicos. Según el tipo de usuario seleccionado, la aplicación seguirá un flujo de funcionamiento y utilizará unas pantallas diseñadas para cada tipo de usuario.

En el caso de que el usuario seleccionado sea **PACIENTE**, el flujo de pantallas sería el siguiente:

1. Pantalla de selección de tipo de usuario
2. Pantalla principal de medidas
3. Medir: Realiza una medida y se muestran los resultados en la interfaz diseñada. Puede repetirse la medida pulsando en Medir sin necesidad de guardar la anterior.
4. Guardar: Se guardan las medidas tomadas incluyendo en la medida guardada el Nombre del paciente, la fecha y los valores medidos.
5. Ver medidas: Permite visualizar una tabla con las medidas guardadas por los pacientes en su tablet particular.

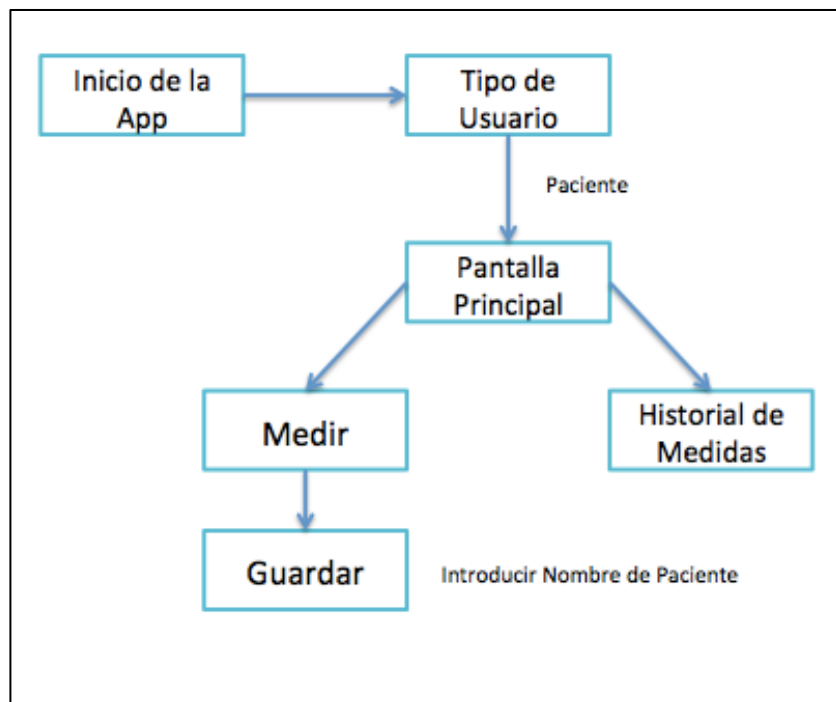


Figura 16 – Flujo de Usuario Paciente

En el caso de que el usuario seleccionado sea **FACULTATIVO MÉDICO**, el flujo de pantallas sería el siguiente:

1. Pantalla de selección de tipo de usuario
2. Pantalla de introducción de credenciales del facultativo (DNI y Contraseña), desde la cual se puede ir a una pantalla de creación de usuarios.
3. Pantalla principal de medidas
4. Medir: Realiza una medida y se muestran los resultados en la interfaz diseñada. Puede repetirse la medida pulsando en Medir sin necesidad de guardar la anterior.
5. Guardar: Se guardan las medidas tomadas incluyendo en la medida guardada el Nombre del paciente que introducirá a mano el facultativo médico, la fecha y los valores medidos.
6. Ver medidas: Permite visualizar una tabla con todas las medidas guardadas por el facultativo médico registrado al empezar a utilizar la aplicación.

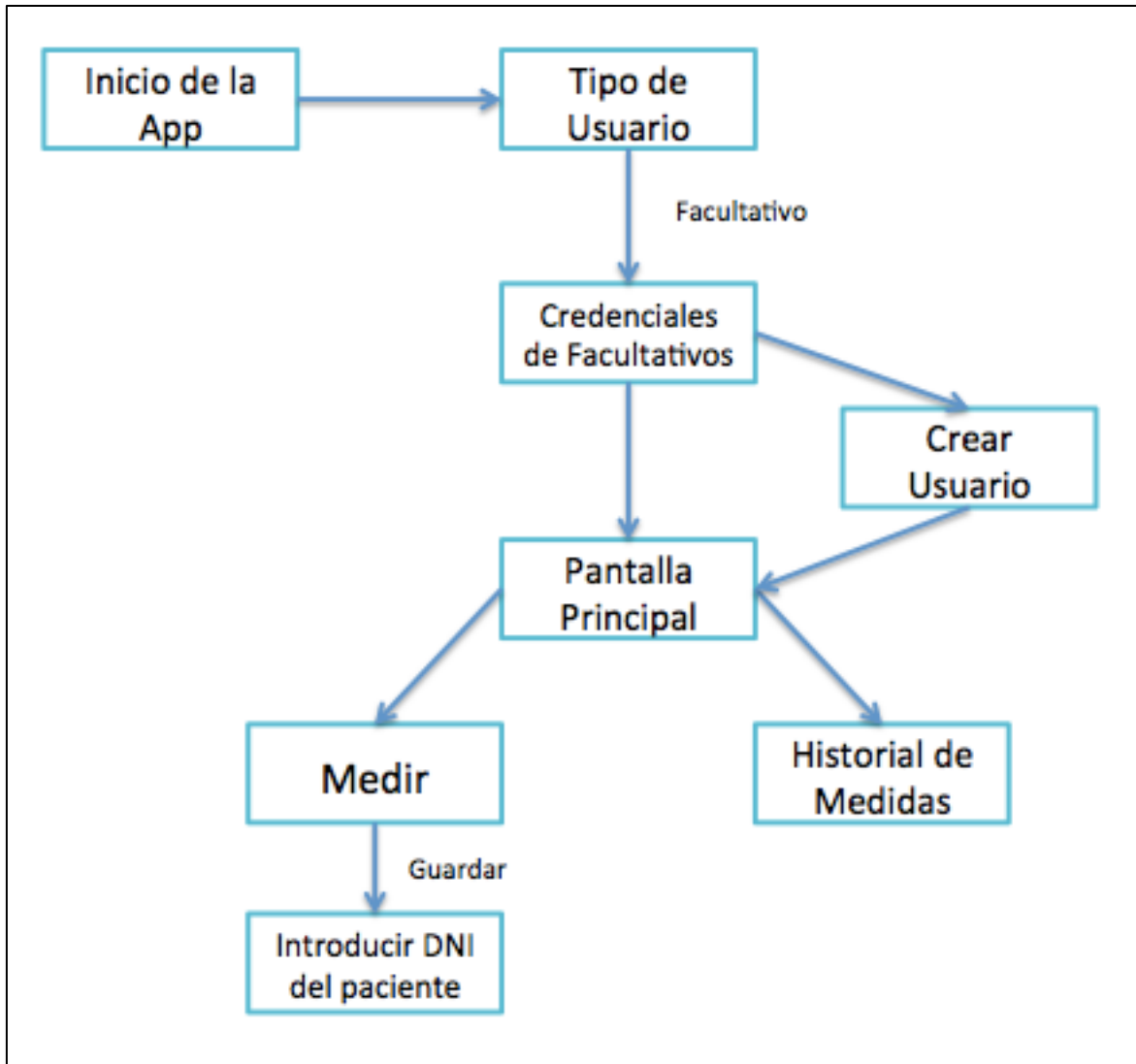


Figura 17 – Flujo de Usuario Facultativo Médico

3.3.3 Diseño de las pantallas de la Aplicación

Como he comentado en el apartado anterior y dependiendo del tipo de usuario que utilice la aplicación se han diseñado algunas pantallas distintas por usuario y la pantalla principal común para ambos usuarios.

El diseño de estas pantallas se realizó utilizando un diseño base que dé identidad corporativa a la aplicación y se le han añadido según el tipo de pantalla cuadros de texto para incluir credenciales necesarias, botones de selección de acción a realizar, ...

La primera pantalla que aparece en la aplicación es la de selección de tipo de paciente. Consta de dos botones de acción que nos llevarán cada uno de ellos a una pantalla, tal y como se ha explicado en el apartado 3.3.2 Funcionamiento de la Aplicación.

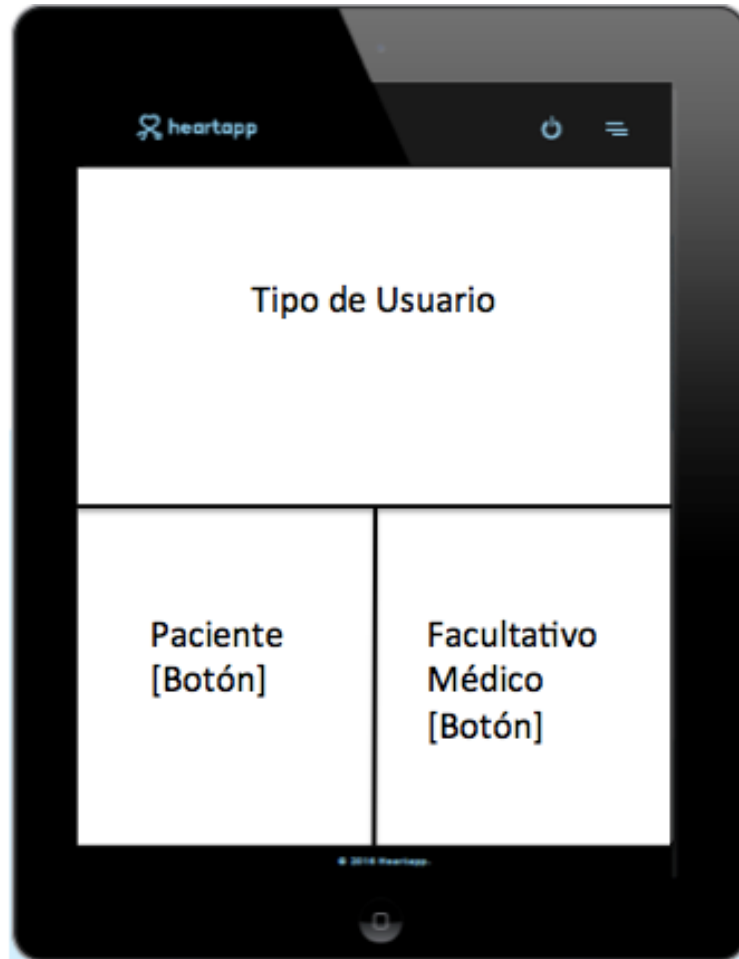


Figura 18 – Pantalla Selección Tipo de Usuario

Tras pulsar en Facultativo Médico en la pantalla de Selección de Tipo de Usuario, la siguiente pantalla consta:

- Dos Campos de Texto para introducir las credenciales de usuario, en el caso de estar creado el usuario.
- Tres botones:
 - Enviar: Confirma las credenciales del login de facultativo.
 - Volver: Permite volver a la pantalla inicial de selección de Tipo de Usuario.
 - Crear Usuario: Permite crear usuarios nuevos a los facultativos médicos.

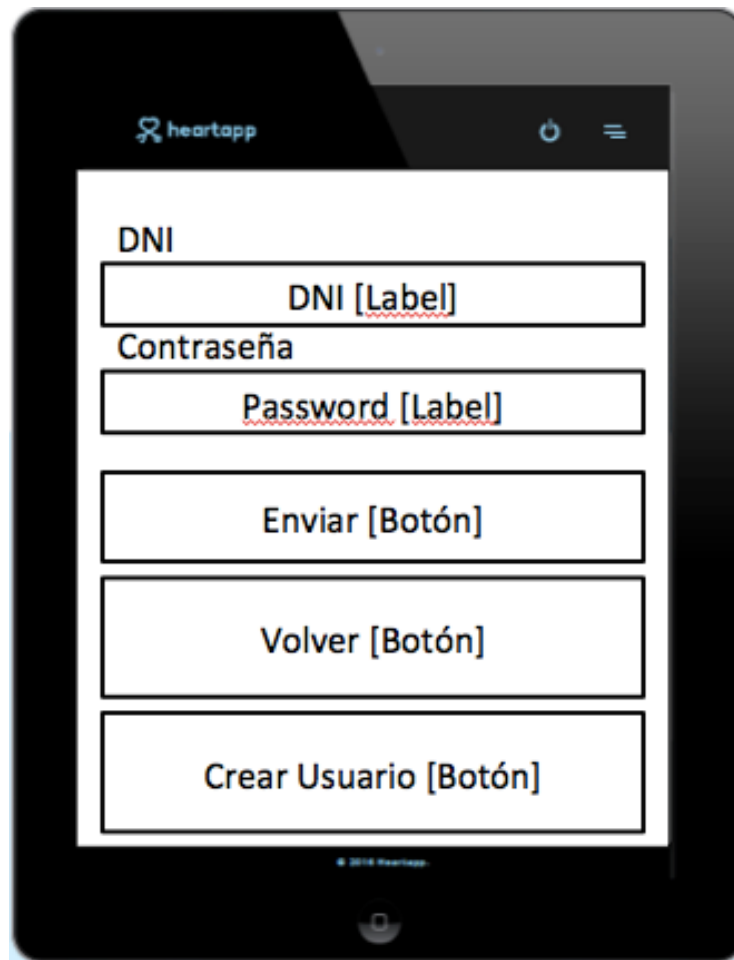


Figura 19 – Pantalla de Registro de Facultativo Médico

Si un facultativo no tuviese cuenta creada, existe la opción de crear una cuenta nueva pulsando en el botón Crear Usuario, lo que nos llevaría a una pantalla que consta de:

- Dos Campos de Texto para introducir las credenciales de usuario, en el caso de estar creado el usuario.
- Dos botones:
 - Enviar: Confirma las credenciales del login de facultativo.
 - Volver: Permite volver a la pantalla inicial de selección de Tipo de Usuario.

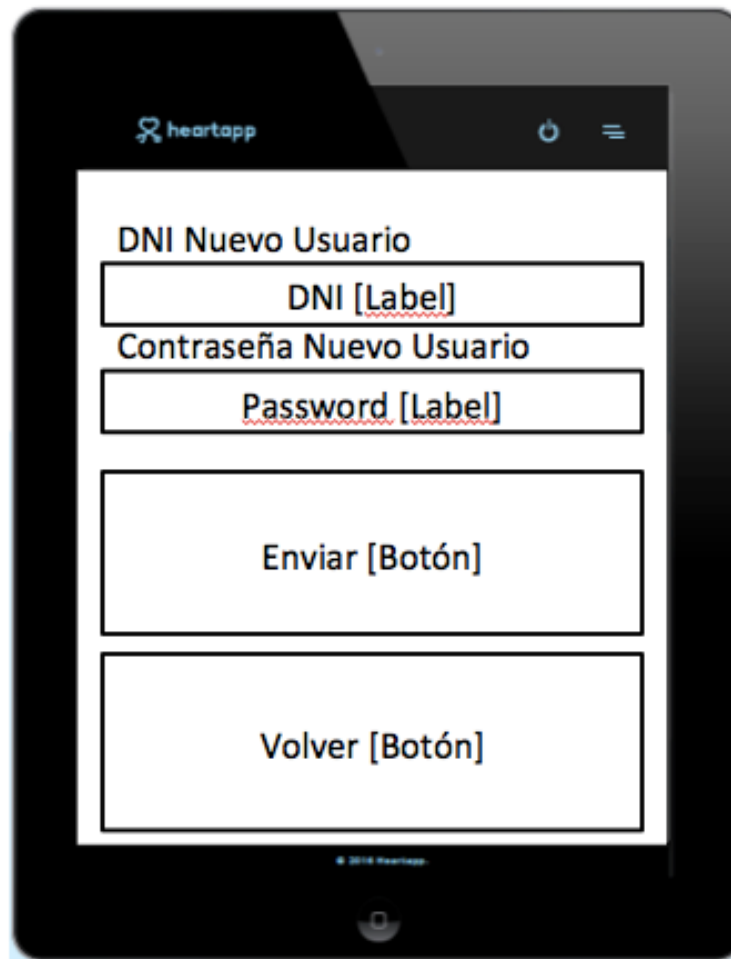


Figura 20 – Figura de Creación de Nuevo Usuario

Tras la selección del Tipo de Usuario, ya sea Paciente o Facultativo Médico con su DNI y Contraseña, la siguiente pantalla es la pantalla principal de la aplicación desde la que se pueden realizar las acciones principales de la aplicación. Consta de distintas partes diseñadas para dar importancia a la medición obtenida. Las partes son:

- Tres Campos de Texto donde se leen las medidas realizadas.
- Cuatro botones:
 - Medir: Al pulsar este botón el dispositivo comienza a funcionar para realizar las medidas. Pueden repetirse las medidas sin necesidad de guardar.
 - Guardar: Una vez realizada una medida, permite guardar la medida. Se pedirá el nombre del paciente o usuario sobre el que se ha realizado la medida y se guardará en la Base de Datos de la tableta.
 - Medidas: Permite ver las medidas guardadas en la tableta, en el caso del modo de uso como Facultativo Médico, podrán verse todas las medidas realizadas por

el facultativo logueado, en el caso de utilizarlo como paciente, se podrán ver todas las medidas realizadas y guardadas en la Base de Datos de la tableta.

- Botón de Apagado: Botón que permite desloguearse en el caso de utilizar la aplicación como Facultativo Médico y volver a la pantalla de Selección de Tipo de Usuario. En el caso de utilizarla como paciente, permite volver a la pantalla de Selección de Tipo de Usuario que es la pantalla inicial de la aplicación.

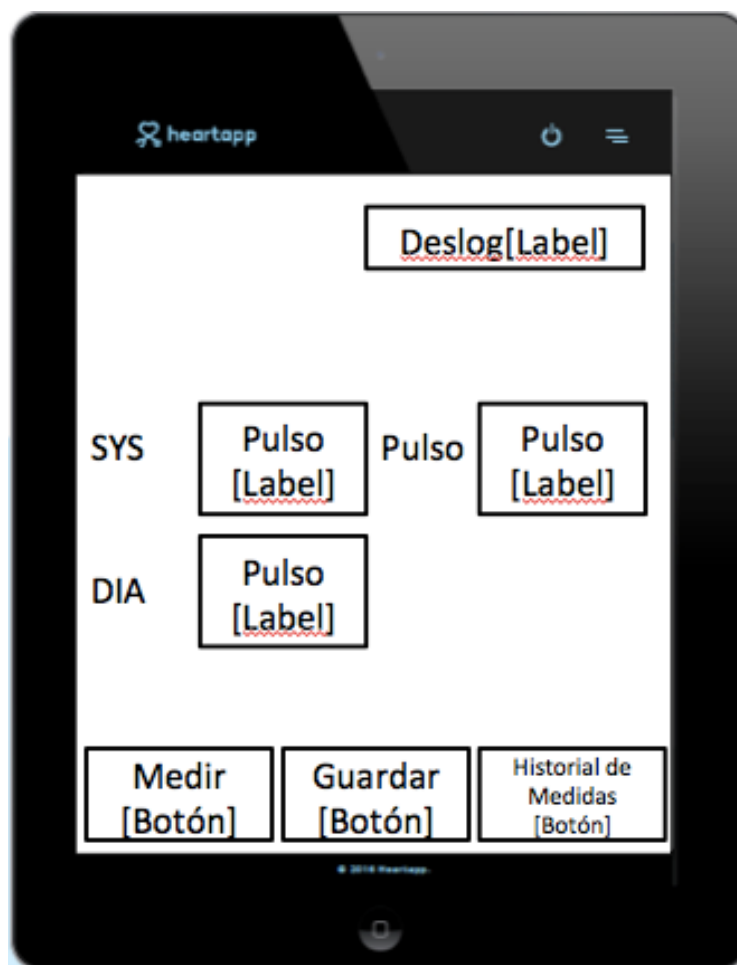


Figura 21 – Pantalla Principal para realizar Medidas

Al realizar las medidas y según el rango en el que esté la Tensión Arterial, los números que representan las medidas variaran de color verde a rojo oscuro pasando por naranja y rojo claro, según la siguiente tabla aportada por la American Heart Association:

Categoría	Sistólica	Diasistólica
Normal	<120	<80
Prehipertensión	120-139	80-89
Hipertensión Fase 1	140-159	90-99
Hipertensión Fase 2	>160	>100

Tabla 5 – Clasificación según Tensión Arterial

En el caso de la Frecuencia Cardíaca, el intervalo verde comenzará en 60-80 pulsaciones por minuto y cambiará de color según se vaya aumentando el rango en 20 pulsaciones por minuto, pasando por naranja, rojo claro y rojo oscuro.

La última pantalla diseñada es la pantalla de Historial de Medidas, esta pantalla tiene un botón que permite volver a la pantalla principal y un listado de medidas que constará del Nombre del Paciente, las medidas, la hora y la fecha de cada medida almacenada en la Base de Datos.



Figura 22 – Pantalla de Historial de Medidas

4 Desarrollo

4.1 Conexión con dispositivos iHealth

Para la conexión entre la aplicación desarrollada y el dispositivo iHealth de medición de presión arterial y frecuencia cardiaca se ha utilizado el SDK distribuido por iHealth para este proyecto.

El primer paso para poder conectar con el dispositivo iHealth ha sido el registro en la web de desarrolladores de la compañía (<http://developer.ihealthlabs.com>).



Figura 23 – Paso 1 de registro de aplicación

Una vez registrado como desarrollador en la web, hay que registrar la aplicación y el método de integración del sensor con la aplicación. Se ofrecen cuatro opciones de integración, según el dispositivo elegido para la aplicación y la forma mediante la que queremos integrarnos. Estas opciones se dividen en dos:

- **Integración mediante la API gratuita de iHealth:** Realizando la conexión mediante API gratuita es necesaria la conexión continua a internet del dispositivo. El proceso realizado es el siguiente: el sensor realiza la medición y los datos recogidos son subidos a un servidor cloud controlado por iHealth y mediante la API gratuita pueden descargarse estos datos a aplicaciones de terceros, tal y como aparece en la figura 15.

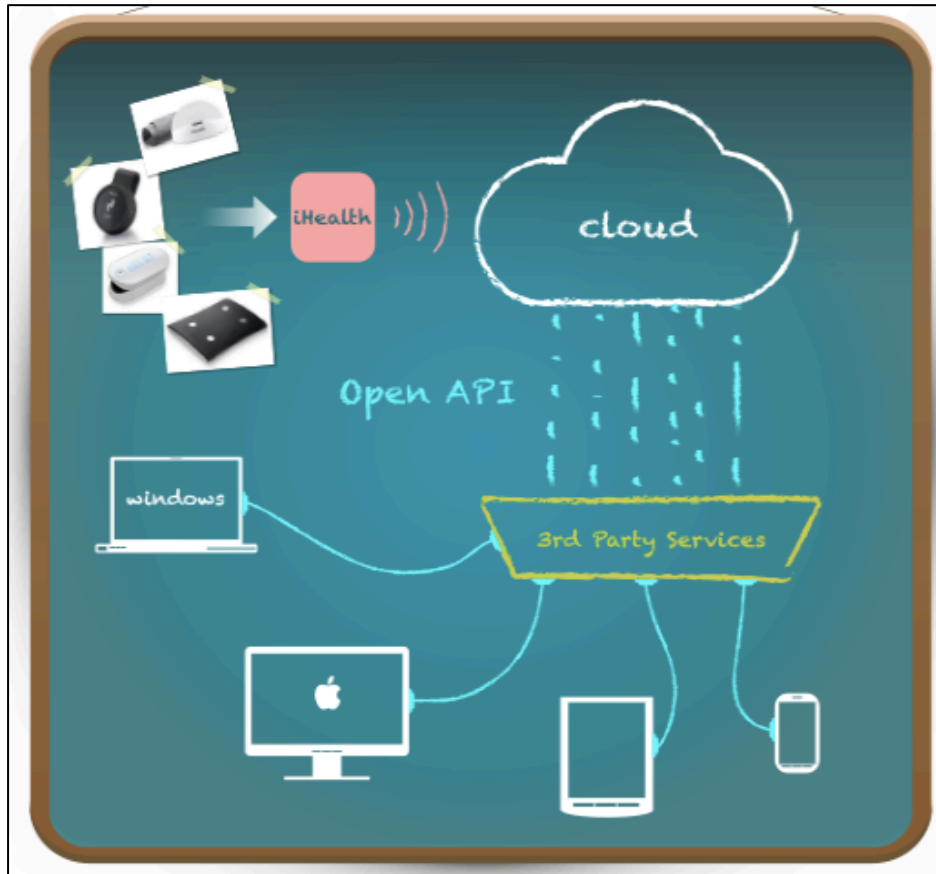


Figura 24 – Croquis de integración mediante API gratuita de iHealth

- **Integración mediante SDK:** Permite la conexión directa del dispositivo con la tableta sin necesidad de que los datos tengan que viajar al servidor de iHealth, por lo que no es necesaria la conexión continua a internet de la tableta. Los datos serán operados y almacenados únicamente en la tableta sin utilizar el servidor cloud de iHealth.

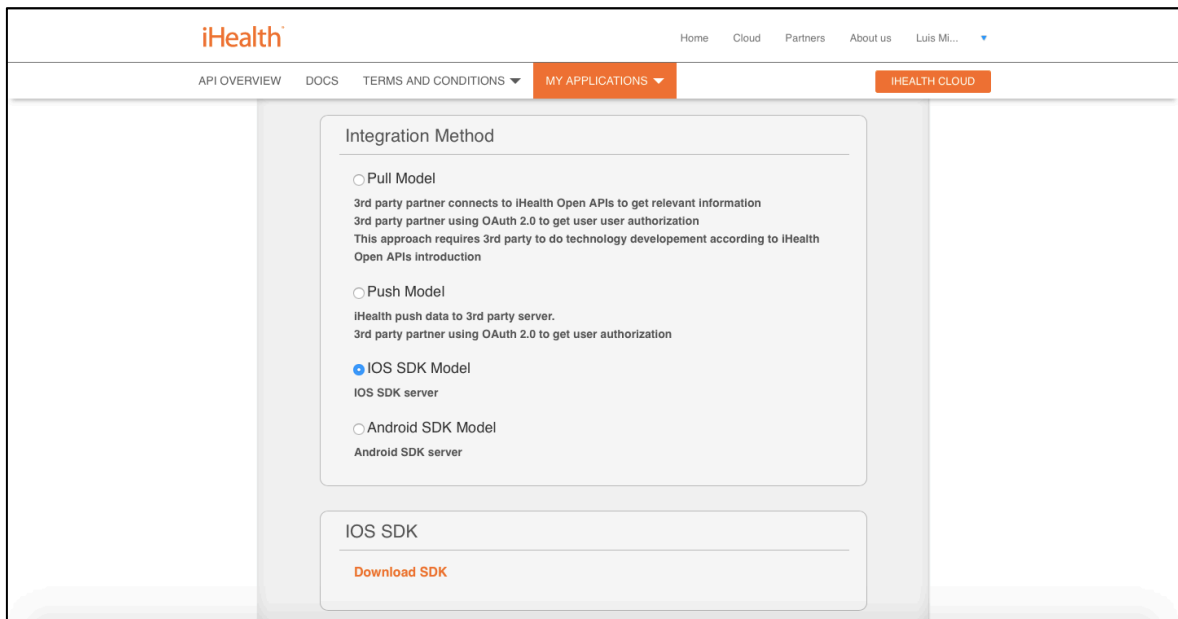


Figura 25 – Selección de integración con iOS SDK

Tras la elección del tipo de integración realizado durante el registro de la aplicación, iHealth nos otorga un ID y una clave para la aplicación registrada en su sistema, mediante las cuales podemos realizar una conexión y comunicación segura con los dispositivos iHealth.

Una vez registrada la aplicación y descargado el SDK, hay que interconectar el dispositivo con la aplicación desarrollada. Para ello lo primero que hay que tener claro es como se realizan las medidas desde el dispositivo mediante SDK. Los pasos se ven en el esquema de la figura 17 y son los siguientes:

1. Primero se inicializa el sensor BP7 de iHealth.
2. Se activan las escuchas del dispositivo.
3. Se comprueba la conexión vía Bluetooth del sensor con el dispositivo donde está instalada la aplicación (DeviceConnectForBP7).
4. Una vez comprobado que está conectado, el dispositivo está preparado para realizar medidas, pero tiene que realizar dos comprobaciones que son la comprobación de las claves otorgadas por iHealth y la comprobación del ángulo de medida, entre 10 y 30°.
5. Se realiza la medida (commandStartMeasure).
6. Se reciben los valores de frecuencia cardiaca y presión arterial para poder mostrarlos en la interfaz diseñada.

4.2 Storyboard de la Aplicación

Tras la conexión del sensor iHealth vía Bluetooth con la aplicación, se han diseñado dos flujos de funcionamiento según el usuario que lo utilice, PACIENTE O FACULTATIVO MÉDICO. Estos flujos han sido diseñados basándose en la pantalla principal de la aplicación, que es en la que se permite realizar medidas y visualizar los valores obtenidos en dichas medidas.



Figura 26 – Storyboard Aplicación

4.2.1 UIViews

Los UIViews son clases de cocoa que se incluyen en el Storyboard de la aplicación. En el caso de heartapp se han diseñado 5 UIViews para los dos flujos distintos de utilización de la aplicación, aunque algunos de los UIViews son comunes para ambos flujos. Los UIViews diseñados son los siguientes:

4.2.1.1 Pantalla de Inicio

La pantalla de inicio consta de las siguientes clases:

- **UIButton – Paciente:** Accede a la pantalla principal de la aplicación.
- **UIButton – Facultativo Médico:** Accede a la pantalla de Login.

- **UIImageView – heartapp:** Muestra el logo diseñado para la aplicación.
- **UIImageView – señal de pulso:** Muestra la imagen diseñada de la gráfica de señal de pulso para generar una imagen corporativa a la aplicación.

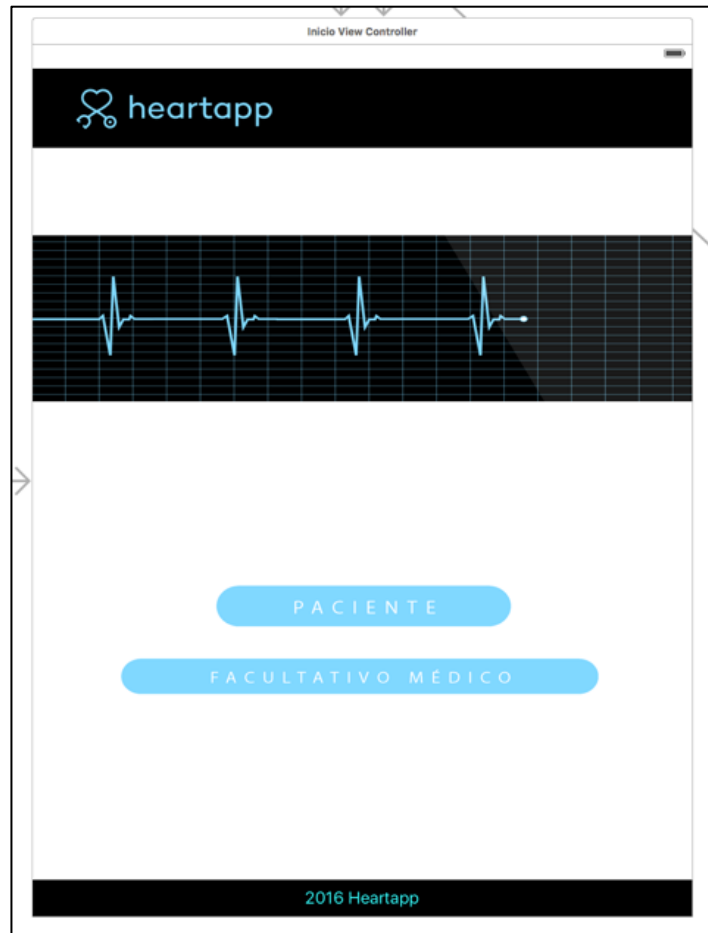


Figura 27 – UIView Pantalla Inicial

4.2.1.2 Login de Facultativo Médico

La pantalla de Login de Facultativo médico consta de las siguientes clases:

- **UIButton – Enviar:** Envía las credenciales y si existen y son correctas accede a la pantalla principal de la aplicación, si no muestra un UIAlert con el error.
- **UIButton – Cancelar:** Vuelve a la pantalla inicial de la aplicación.
- **UIButton – Crear Usuario:** Accede a la pantalla de Crear Usuario.
- **UILabel - DNI:** Para mostrar el título de los campos a rellenar.
- **UILabel - Contraseña:** Para mostrar el título de los campos a rellenar.
- **UITextField – DNI:** Campo para rellenar con el DNI del Facultativo que se va a loguear.
- **UITextField – Contraseña:** Campo para rellenar con la contraseña del Facultativo que se va a loguear.
- **UIImageView – heartapp:** Muestra el logo diseñado para la aplicación.

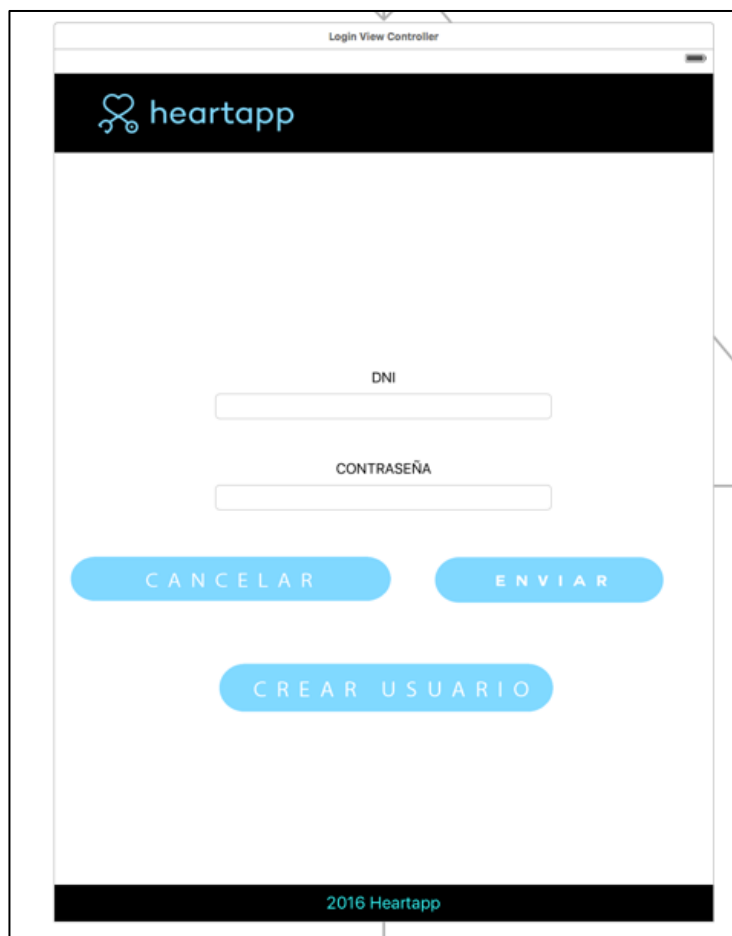


Figura 28 – UIView Login

4.2.1.3 Creación de Facultativo Médico

La pantalla de Creación de Facultativo Médico consta de las siguientes clases:

- **UIButton – Enviar:** Envía las nuevas credenciales, comprobando si el usuario ya existe, si hay algún campo en blanco o si las contraseñas no coinciden. Si no hay ningún error crea el Nuevo usuario y accede a la pantalla principal.
- **UIButton – Cancelar:** Vuelve a la pantalla Login.
- **UILabel - DNI:** Para mostrar el título de los campos a rellenar.
- **UILabel – Nueva Contraseña:** Para mostrar el título de los campos a rellenar.
- **UILabel – Repetir Contraseña:** Para mostrar el título de los campos a rellenar.
- **UITextField – DNI:** Campo para rellenar con el DNI del Nuevo Facultativo.
- **UITextField – Nueva Contraseña:** Campo para rellenar con la contraseña del Facultativo.
- **UITextField – Repetir Contraseña:** Campo para rellenar con la contraseña del Facultativo para comprobar que está bien introducida.
- **UIImageView – heartapp:** Muestra el logo diseñado para la aplicación.

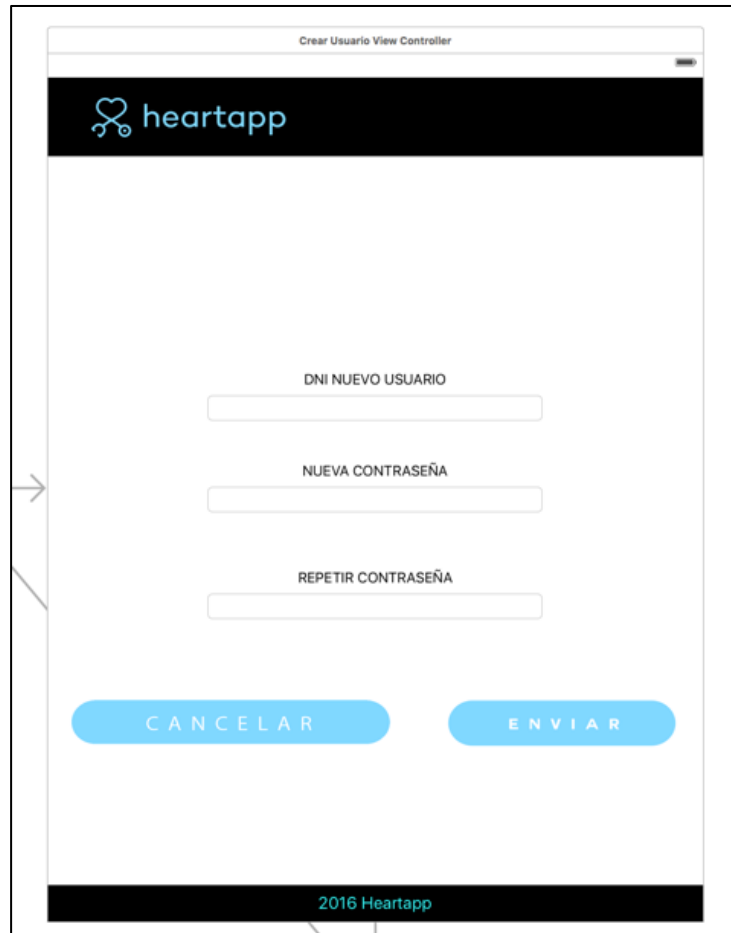


Figura 29 – UIView Creación Usuario

4.2.1.4 Pantalla Principal

La pantalla de Principal que es común para los dos flujos de usuarios consta de las siguientes clases:

- **UIButton – Guardar:** Almacena las medidas en la Base de Datos, si el usuario es Facultativo, las almacena con un ID para que solo pueda verlas el mismo Facultativo.
- **UIButton – Medir:** Comienza la medición con el sensor.
- **UIButton – Medidas:** Accede a la pantalla de Tabla de Medidas.
- **UIButton – Apagar:** Vuelve a la pantalla de inicio de la aplicación y cierra las sesiones.
- **UILabel – Introduce el Nombre del Paciente:** Para mostrar el título de los campos a rellenar.
- **UILabel – Datos:** Cabecera de los datos a mostrar.
- **UILabel – SYS:** Título de la medida a mostrar.
- **UILabel – DIA:** Título de la medida a mostrar.
- **UILabel – PULSO:** Título de la medida a mostrar.
- **UILabel – PSNI:** Título de la medida a mostrar.
- **UILabel – mmHg:** Unidades de medida.
- **UILabel – BPM:** Unidades de medida.

- **UITextField – SYS:** Campo donde se muestran las medidas realizadas por el sensor. Cambia de color siguiendo la tabla del punto 3.3.
- **UITextField – DIA:** Campo donde se muestran las medidas realizadas por el sensor. Cambia de color siguiendo la tabla del punto 3.3.
- **UITextField – PULSO:** Campo donde se muestran las medidas realizadas por el sensor. Cambia de color siguiendo la tabla del punto 3.3.
- **UIImageView – heartapp:** Muestra el logo diseñado para la aplicación.
- **UIImageView – señal de pulso:** Muestra la imagen diseñada de la gráfica de señal de pulso para generar una imagen corporativa a la aplicación.



Figura 30 – UIView Pantalla Principal

4.2.1.5 Tabla de Medidas

La pantalla de Tabla de Medidas que es común para los dos flujos de usuarios consta de las siguientes clases:

- **UIButton – Volver:** Vuelve a la pantalla principal
- **UITableView:** Muestra las medidas almacenadas.

- **UIImageView – heartapp:** Muestra el logo diseñado para la aplicación.

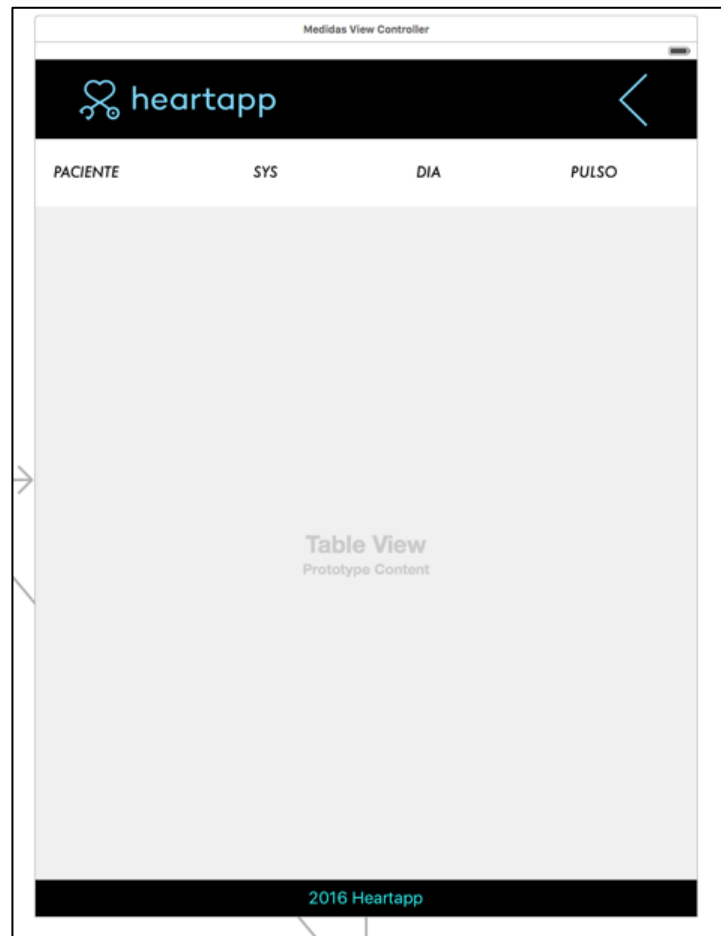


Figura 31 – UIView Tabla de Medidas

4.3 Controladores

La aplicación consta de 5 controladores, uno por pantalla. Cada uno de estos controladores consta de dos archivos, .h y .m e incluye diferentes clases de la librería cocoa que se exponen a continuación:

- **InicioViewController:** Controla la vista de la Pantalla de Inicio e inicializa una Base de Datos con dos usuarios de Facultativo Médico estándar para la realización de medidas y pruebas iniciales. Este ViewController es utilizado para ambos flujos de usuario.
- **LoginViewController:** Controla la vista de la pantalla de Login de Usuarios Facultativos Médicos. Permite realizar consultas a la Base de Datos para inicializar la aplicación con un usuario ya creado o permite ir a otra pantalla donde crear nuevos usuarios. Este ViewController se utiliza solo para el flujo de usuario de FACULTATIVO MÉDICO.

- **CrearUsuarioViewController:** Controla la vista de la pantalla de Crear Usuarios en el flujo de Facultativos Médicos, comprueba que las contraseñas son las mismas y que el usuario no está repetido, haciendo una consulta con la Base de Datos existente. Este ViewController se utiliza solo para el flujo de usuario de FACULTATIVO MÉDICO.
- **BPViewController:** Controla la vista de la pantalla principal de la aplicación. Gestiona la conexión del sensor con la aplicación, permite realizar medidas, visualizarlas y poder almacenarlas en una Base de Datos, donde se diferencia si el usuario es PACIENTE o FACULTATIVO MÉDICO. Este ViewController es utilizado para ambos flujos de usuario.
- **MedidasViewController:** Controla la vista de la pantalla donde se muestran las medidas guardadas en la Base de Datos. Realiza una consulta a la Base de Datos donde comprueba si el usuario es PACIENTE o FACULTATIVO MÉDICO y muestra las medidas guardadas por dicho Facultativo o en el caso de Paciente, todas las medidas guardadas. Este ViewController es utilizado para ambos flujos de usuario.

4.4 Dificultades en el código

4.4.1 Elección del modo de almacenamiento de datos

La primera dificultad encontrada en el desarrollo de la aplicación fue la de conseguir que los datos se almacenarán de manera persistente y se referenciarán al usuario que realizaba dichas medidas. Estas medidas tendrían que almacenarse de manera persistente en la tableta, aunque se cerrara la aplicación o se apague la tableta.

Para realizar este almacenamiento se valoraron dos de las opciones que ofrece Objective-C que son:

- **Core Data:** Es la manera de almacenamiento persistente más adecuada para trabajar con datos que tienen relaciones complejas entre ellos. Core Data optimiza el uso de memoria, mejora el tiempo de respuesta y reduce la cantidad de código redundante a escribir, además de estas mejoras, utiliza el núcleo de SQLite que permite crear bases de datos SQL.
- **User Defaults:** Muy útil para almacenar datos simples y de uso repetido. Es el método más rápido de usar ya que no requiere de una base de datos como tal, los datos se almacenan dentro de la memoria del dispositivo sin capa intermedia dentro de un objeto de la clase **NSUserDefaults**.

El problema de estas maneras de almacenar datos es que, aunque es un almacenamiento persistente, en el momento de desinstalar la aplicación, estos datos se perderán y además no podrán ser compartidos en otros dispositivos.

La solución al problema de compartir los datos con otros dispositivos, se propone en el punto 6.2 Trabajo Futuro, con la creación de una aplicación web con una base de datos MongoDB que se conectaría a nuestra aplicación mediante un iFrame.

Finalmente, el modo de almacenamiento persistente elegido es User Defaults.

Se utilizará un **NSUserDefaults** para el modo de uso Paciente, ya que este modo está diseñado para un uso individualizado y no hará falta filtrar las medidas al mostrarlas, el usuario utilizará la aplicación en su propia tableta.

Para el modo de uso de Facultativo Médico, se utilizará un **NSUserDefaults** por cada facultativo registrado que realice medidas, para poder filtrarlas a la hora de mostrarlas en la pantalla diseñada para mostrar las medidas realizadas.

El código utilizado para el almacenamiento de las medidas según el tipo de usuario es el siguiente:

```
NSString *dnis = (NSString *)[defaults objectForKey:@"dnis"];
NSString *passdnis = (NSString *)[defaults
objectForKey:@"pass-dnis"];

NSArray *arraydnis = [dnis componentsSeparatedByString:@"-"];
NSArray *arraypass = [passdnis componentsSeparatedByString:@"-"];

NSString *dniLeido = [_usuario text];
NSString *passwordLeida = [_password text];

for (int i = 0; i<[arraydnis count]; i++) {
    NSLog(@"%@", arraydnis[i]);
    NSLog(@"%@", dniLeido);
    if ([arraydnis[i] isEqualToString:dniLeido]) {
        NSLog(@"dni encontrado");
        if ([arraypass[i] isEqualToString:passwordLeida]) {
            NSLog(@"usuario validado");
            [defaults setValue:arraydnis[i]
 forKey:@"medicoLogeado"];
            NSString * storyboardName = @"Main";
            UIStoryboard *storyboard = [UIStoryboard
storyboardWithName:storyboardName bundle:nil];
            UIViewController * vc = [storyboard
instantiateViewControllerWithIdentifier:@"medidas"];
            [self presentViewController:vc animated:YES
completion:nil];
        }
    }
}
```

Figura 32 – Creación de Usuarios permanentes en Base de Datos

Para solucionar el problema que surgía de comparar un **NSNumber** con un **INT**, se ha obtenido el valor de cada **NSNumber** dentro de cada condicional, antes de compararlo con el **INT**, para obtener el valor entero de cada **NSNumber**, se ha utilizado **intValue**.

```
NSNumber *ndia = [dic valueForKey:@"DIA"];

    if ([ndia intValue] < 80) {
        _cuadroDia.textColor = [UIColor colorWithRed:0
        green:1 blue:0 alpha:1.0];
    }
    else if ([ndia intValue] < 89) {
        _cuadroDia.textColor = [UIColor colorWithRed:1
        green:0.75 blue:0.27 alpha:1.0];
    }
    else if ([ndia intValue] < 99) {
        _cuadroDia.textColor = [UIColor colorWithRed:1
        green:0.35 blue:0.35 alpha:1.0];
    }
    else{
        _cuadroDia.textColor = [UIColor colorWithRed:1
        green:0 blue:0 alpha:1.0];
    };
```

Figura 34 – Código colores según rango en UITextView

5 Integración, pruebas y resultados

Una vez se ha diseñado y desarrollado la aplicación, el siguiente paso es la prueba de la misma, tanto por parte del desarrollador, como de personas anónimas de cada uno de los posibles tipos de usuarios, para ver si la experiencia de usuario del proyecto es satisfactoria o no.

5.1 Pruebas de la Aplicación (Desarrollador)

5.1.1 Pantalla de Inicio

Las pruebas realizadas en la pantalla de inicio tienen que ver con el funcionamiento de los botones y con si al pulsarlos se realiza la operación programada:

1. Pulsar Botón Paciente: Al pulsar botón Paciente, la aplicación cambia a la pantalla principal de la aplicación donde se realizan las medidas, por lo tanto, la prueba es satisfactoria, ya que el resultado es el esperado.
2. Pulsar Botón Facultativo Médico: Al pulsar botón Facultativo Médico, la aplicación cambia a la pantalla de Login donde se introducen las credenciales existentes o se crean unas nuevas. La prueba es satisfactoria, ya que la aplicación realiza lo esperado.

5.1.2 Pantalla de Login

Sobre la pantalla de Login se realizaron más pruebas que sobre la Pantalla de Inicio debido a que es una pantalla con más funcionalidades.

Las pruebas fueron las siguientes:

1. Escritura en los cuadros de texto: Prueba de escritura en los cuadros donde se introducen las credenciales. En ambos cuadros al pulsar, aparece el teclado y se oculta pulsando en intro.
2. Introducción y envío de credenciales: Se introducen las credenciales perfectamente y al pulsar en ENVIAR, se comprueba si existe el usuario y las credenciales son correctas y si no se muestra un mensaje de error. Al introducir la contraseña no se muestra en la celda de texto, aparecen puntos.
3. Botón de Cancelar: Al pulsar en el botón CANCELAR, se vuelve a la pantalla anterior, que es lo que debería realizar la aplicación.

4. Botón Crear Usuario: Al pulsar en este botón la aplicación va a otra pantalla donde se permite la creación de nuevos usuarios con el rol de Facultativo Médico.

5.1.3 Pantalla Crear Usuario

Las pruebas realizadas sobre esta pantalla son las siguientes:

1. Pulsar en Enviar sin campos rellenos: Muestra un mensaje de error pidiendo que se rellenen los campos.
2. Pulsar en Enviar con contraseñas diferentes: Muestra mensaje de error pidiendo que se compruebe que las contraseñas son correctas.
3. Intentar crear usuario existente: Muestra mensaje diciendo que ese usuario ya existe.
4. Pulsar en Enviar con credenciales correctas y nuevas: La aplicación va a la pantalla principal donde permite realizar medidas, visualizarlas y almacenarlas.
5. Pulsar Cancelar: Al pulsar cancelar la aplicación vuelve a la pantalla de Login tal y como se pretendía.

5.1.4 Pantalla Principal

1. Pulsar Medir: Al pulsar en medir, la aplicación realiza la conexión con el sensor y comienza la medida cuando el brazo se encuentre en un ángulo entre 10° y 30°. Tras la medida se muestran las medidas variando de color según los rangos programados.
2. Pulsar Guardar: Si no se ha introducido el nombre del paciente, muestra una alerta y no permite guardar la media. Si la medida está realizada y el nombre introducido, almacena la medida realizada en la base de datos.
3. Pulsar Medidas: La aplicación va a la pantalla donde se muestran las tablas de las medidas realizadas.
4. Pulsar botón apagar: Vuelve a la pantalla principal tal y como estaba previsto.
5. Introducir Nombre de Paciente: Aparece teclado para insertar el nombre y se oculta al pulsar Intro.

5.1.5 Pantalla Medidas

Se muestran las medidas guardadas y filtradas en el caso de que el usuario sea facultativo médico.

Al pulsar en la flecha de volver, la aplicación vuelve a la pantalla principal donde podrá volver a realizar medidas.

5.2 Pruebas de la Aplicación (Usuarios Reales)

5.2.1 Paciente

El usuario al que se ha realizado la prueba es una persona anónima de 27 años que no tenía experiencia en la utilización de sensores biomédicos, pero sí tenía conocimientos de manejo de tabletas.

Tras una breve explicación sobre el uso de la aplicación, el usuario ha sido capaz de iniciar la aplicación y realizar varias mediciones, guardarlas y posteriormente revisarlas mostrándolas por pantalla. El diseño cumple con lo pensado durante el diseño y desarrollo de la aplicación para Pacientes.

5.2.2 Facultativo Médico

El usuario al que se ha realizado la prueba es una persona anónima de 52 años con experiencia en la utilización de sensores biomédicos y conocimientos de manejo de tabletas.

Tras una breve explicación, el Facultativo Médico ha iniciado la aplicación, ha creado un nuevo usuario y ha realizado varias medidas que posteriormente ha almacenado.

Como prueba ha creado un nuevo usuario y ha comprobado si se mostraban las medidas realizadas anteriormente con la primera cuenta que creó, y se ha cerciorado de que las medidas mostradas solo son las guardadas por cada facultativo.

La aplicación cumple con los requisitos que se pedían cuando se realizó el diseño y desarrollo y las pruebas han sido completamente satisfactorias.

6 Conclusiones y trabajo futuro

6.1 Conclusiones

Una vez implementado y probado el sistema desarrollado, la conclusión es que el objetivo inicial del proyecto que era la integración de sensores médicos en tabletas con sistema operativo iOS, se ha cumplido.

Además de integrar estos dispositivos, se ha desarrollado una aplicación que podría ser la parte central de un sistema de telemedicina, ya que permite utilizar la aplicación en modo Paciente y en modo Facultativo Médico y en cada uno de estos modos permite almacenar las medidas en la Base de Datos creada en la tableta.

Las funciones principales de esta aplicación son:

- Permitir el logueado de usuarios creados por un administrador basándose en DNI y contraseñas únicos por facultativo médico.
- Permitir la conexión entre los sensores elegidos y la tableta y mostrar las medidas en la interfaz desarrollada para el proyecto.
- Poder almacenar las medidas realizadas y poder consultarlas sin que se borren, aunque se cierre la aplicación.

Por otro lado, se ha conseguido otorgar a la aplicación de una identidad corporativa mediante el diseño de varios logos utilizando material médico como componente principal del logo y mediante el diseño de una pantalla base sobre la que crear los botones y textos de cada pantalla necesaria para realizar la aplicación.

Desde el punto de vista académico, se ha adquirido conocimiento sobre la tecnología Bluetooth y sobre su historia. También se han adquirido conocimientos sobre el trabajo con SDKs para poder conectar el dispositivo compuesto por los sensores biomédicos con la tableta con sistema operativo iOS y sobre todo conocimientos sobre programación orientada a objetos y más en concreto programación en lenguaje Objective-C y conocimientos de Adobe Illustrator para realizar el diseño de los logos y pantallas de la aplicación.

6.2 Trabajo futuro

El desarrollo de este sistema de telemedicina permitiría incluir varias mejoras posibles para, por ejemplo, añadir nuevas utilidades a la aplicación incluyendo nuevas pantallas en la aplicación, o conseguir un sistema de telemedicina completo que pueda compartir los datos con sistemas externos a la propia tableta donde está instalada la aplicación.

Algunas de las mejoras posibles son las siguientes:

6.2.1 Creación de una Aplicación Web

Crear una aplicación web para compartir y gestionar las medidas guardadas y realizadas desde la aplicación móvil y así otorgar a los usuarios un sistema de telemedicina completo, donde poder visualizar los resultados de su histórico de mediciones de manera gráfica, así como la opción a los facultativos médicos de revisar el histórico de sus pacientes y poder prevenir posibles enfermedades o problemas cardiovasculares.

Mediante la incorporación de un iFrame en nuestra aplicación móvil, se permitiría compartir las medidas guardadas con un servidor web, además de poder visualizar las gráficas creadas a través del histórico de medidas de cada paciente.

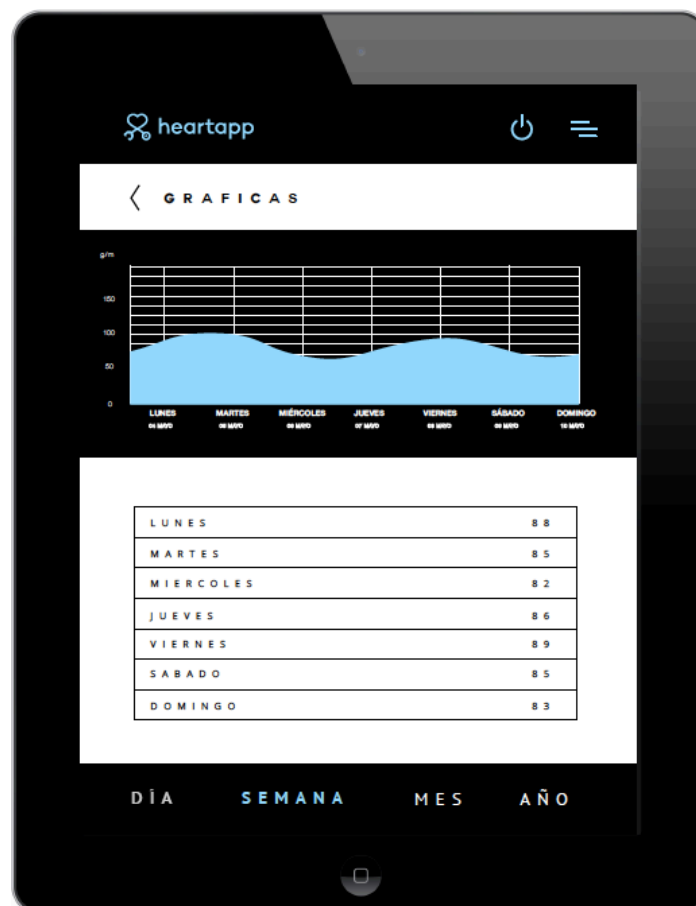


Figura 35 – Posible mejora futura del sistema

6.2.2 Nuevas Funcionalidades

Incorporar en la aplicación un menú que permita modificar algunos puntos de configuración de la aplicación, un calendario donde poder programar futuros eventos y donde poder señalar eventos ocurridos que tengan que ser recordados o realizados, además de incluir la parte de gráficas diseñada para la aplicación web comentada en el punto anterior.

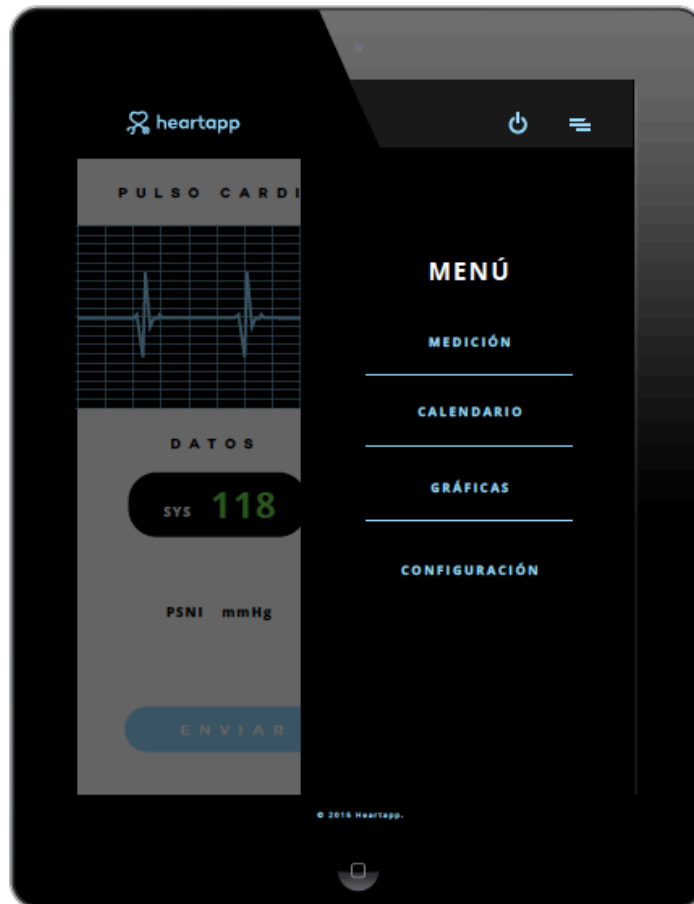


Figura 36 – Mejora de Menú

6.2.3 Utilización de sensores con tecnología Bluetooth 4.2

Configurar la aplicación para trabajar con sensores que utilicen la tecnología Bluetooth 4.2 permitiría que, gracias a los servicios de esta tecnología, se pudieran conectar distintos dispositivos a una única aplicación sin importar el fabricante y sin la necesidad de utilizar SDKs como en la conexión del sistema desarrollado en este proyecto.

Normalmente cada fabricante usa su aplicación y su forma de conexión con sus dispositivos, pero esta mejora aportaría un gran valor añadido a nuestra aplicación ya que podría conectar con cualquier dispositivo que utilizara tecnología Bluetooth 4.2.

Referencias

- Stephen G. Cochan, “Programación con Objective-C”, Anaya, 2012
- Fernando López Hernández, “Objective-C. Curso práctico para Programadores Mac OS X, iPhone y iPad”, relibros
- Bluetooth Technology (2016). *Generic Attribute Profile*. Retrieved from <https://www.bluetooth.com/specifications/assigned-numbers/generic-attribute-profile>
- iHealth Labs Inc. 2013, *Developer API Overview*. Retrieved from <http://developer.ihealthlabs.com/index.htm>
- iHealth Lab Inc. 2013, *Wireless Blood Pressure Wrist Monitor (BP7) Owner’s Manual*. Retrieved from https://ihealthlabs.com/files/2914/0192/1721/wireless_bloodpressure_wrist_UserManual.pdf
- Bluetooth SIG 2016, *Product Listing*. Retrieved from <https://www.bluetooth.org/tpg/listings.cfm>
- Bluetooth SIG 2016, *What is Bluetooth Technology?*. Retrieved from <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth>
- Guy Kewney, “High speed Bluetooth comes a step closer: enhanced data rate approved” in *Newswireless.net*, 2004
- Especificaciones técnicas iPad 2 Mini Wifi+Cellular. Retrieved from <http://www.apple.com/la/ipad-mini-2/specs/>
- iHealth Labs Inc. 2016, *iHealth Blood Pressure Monitors*. Retrieved from <https://ihealthlabs.com/blood-pressure-monitors/wireless-blood-pressure-wrist-monitor/>

Glosario

API	Application Programming Interface
SDK	Software Development Kit
IoT	Internet of Things
GATT	Generic Attribute Profile
SIG	Bluetooth Special Interest Group
UUID	Universally Unique Identifier
BLE	Bluetooth Low Energy
API	Aplication Program Interface
iOS	Sistema Operativo de los dispositivos Apple
WPAN	Wireless Personal Area Network
AFH	Adaptative Frequency Hopping
EDR	Enhanced Data Rate
AMP	Alternate MAC/PHY
BPM	Beats Per Minute
SYS	Systolic
DIA	Diastolic
SSP	Secure Simple Paring
ULP	Ultra Low Power
iFrame	inline Frame
mmHg	Unidad de Presión

Anexos

A Manual de usuario

Modo Paciente

Modo diseñado para la utilización de usuarios en su tableta particular, o para el uso de pacientes en centros médicos sin supervisión, para que posteriormente el facultativo pueda revisar las medidas guardadas.

1. Pulsar sobre el botón PACIENTE.
2. Colocarse el sensor en la muñeca y colocar el brazo en un ángulo entre 10° y 30°.
3. Pulsar el botón MEDIR, podemos repetir mediciones todas las veces necesarias.
4. Si queremos almacenar la medida, introducir el nombre del paciente y pulsar GUARDAR.
5. Revisar mediciones guardadas pulsando en MEDIDAS.

Modo Facultativo Médico

Modo diseñado para la utilización de facultativos médicos en tabletas designadas para dicha función. Permitirá registrar nuevos usuarios para poder filtrar las medidas guardadas y que cada facultativo únicamente revise las medidas de sus pacientes.

1. Pulsar sobre el botón FACULTATIVO MÉDICO.
2. Introducir credenciales si estuviera dado de alta, en caso de no estarlo CREAR USUARIO.
3. Colocarse el sensor en la muñeca del paciente y colocar el brazo en un ángulo entre 10° y 30°.
4. Pulsar el botón MEDIR, podemos repetir mediciones todas las veces necesarias.
5. Si queremos almacenar la medida, introducir el nombre del paciente y pulsar GUARDAR.
6. Revisar mediciones guardadas pulsando en MEDIDAS.

B Dispositivos Utilizados

Tensiómetro

- Modelo: BP7
- Fabricante: iHealth Lab Inc
- Comunicación Inalámbrica: Bluetooth V3.0 + EDR Class 2 SPP
- Método de medición: Oscilométrico, medida e inflado automáticos.
- Dimensiones del aparato: 72mm x 74mm x 17.6mm ± 5mm
- Peso: 105g ± 5g
- Circunferencia del manguito: 13,5cm – 22cm
- Intervalos de Medición:
 - Rango presión del manguito: 0-300 mmHg ± 3mmHg
 - Rango pulso: 40-180 bpm ± 5%
- Rangos de temperatura:
 - Operación: 5°C-40°C
 - Almacenamiento y transporte: -20°C – 55°C
- Rangos de humedad:
 - Operación: <90%
 - Almacenamiento y transporte: <95%

Tableta

- Modelo: iPad Mini 2 wifi + celular
- Fabricante: Apple
- Capacidad: 32 GB
- Dimensiones:
 - Alto: 20 cm
 - Ancho: 13,47 cm
 - Fondo: 0,75 cm
- Peso: 341 g
- Pantalla: Pantalla Multi-Touch retroiluminada por LED de 7,9 pulgadas con tecnología IPS
- Chip: Chip A7 con arquitectura de 64 bits y coprocesador de movimiento M7
- Redes Inalámbricas: Wi-Fi (802.11a/b/g/n); doble banda (2,4 y 5 GHz) y MIMO; Tecnología Bluetooth 4.0; UMTS/HSPA/HSPA+/DC-HSDPA/GSM-EDGE CDMA EV-DO Rev. A y Rev. B.
- Batería y Alimentación: Recargable integrada de polímeros de litio de 23,8 vatios/hora
- Rangos de temperatura:
 - Operación: 0°C - 35°C
 - Almacenamiento y transporte: -20°C – 45°C
- Rangos de humedad:
 - Operación: <90%
 - Almacenamiento y transporte: <95%

PRESUPUESTO

1) Ejecución Material

- Compra de tableta iPad Apple..... 409 €
- Dispositivos médicos 80 €
- Compra de ordenador personal (Software incluido)..... 2.000 €
- Alquiler de impresora láser durante 6 meses 50 €
- Material de oficina 150 €
- Total de ejecución material 2.689 €

2) Gastos generales

- 16 % sobre Ejecución Material 430,24 €

3) Beneficio Industrial

- 6 % sobre Ejecución Material 161,34 €

4) Honorarios Proyecto

- 735 horas a 15 € / hora 11.025 €

5) Material fungible

- Gastos de impresión 60 €
- Encuadernación 200 €

6) Subtotal del presupuesto

- Subtotal Presupuesto 14.565,58 €

7) I.V.A. aplicable

- 21% Subtotal Presupuesto 3.058,77 €

8) Total presupuesto

- Total Presupuesto 17.624,35 €

Madrid, Mayo de 2016

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: Luis Miguel Redondo Franco
Ingeniero de Telecomunicación

PLIEGO DE CONDICIONES

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de **Integración de funciones de medidas biométricas en tabletas Apple**. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

Condiciones generales

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.

2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.

3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.

4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.

5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.

6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.

7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.

8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.

9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.

10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.

11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.

13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras, así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.

14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.

15. La garantía definitiva será del 4% del presupuesto y la provisional del 2%.

16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.

17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.

18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.

19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.

20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma,

por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.

22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.

23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrata" y anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

Condiciones particulares

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.

2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.

3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.

4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones, así como su cantidad.

5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.

6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.

7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.

8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.

9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.

10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.

11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.

12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.