

## Sistema para el registro y monitoreo de pacientes con tratamientos de diálisis peritoneal y hemodiálisis

Ing. María de Jesús Torres Mendoza, Alma Patricia Olguin García, Ing. Jesús Roberto Del Ángel Ruiz, Dr. Juan Gerardo Avalos Ochoa, Ing. Guillermo Avalos Arzate, M. en C. Xochitl Cabrera Rivas

Instituto Politécnico Nacional, ESIME Culhuacán, Av. Santa Ana 1000, C.P. 04440, marichuy2305@gmail.com, olguinpatricia2003@gmail.com, jroberto1097@gmail.com, javaloso@ipn.mx, gavalos580@hotmail.com, olguinpatricia2003@gmail.com, xcabrerarivas@gmail.com, Ciudad de México, México.

### Resumen

En México existen alrededor de cien mil pacientes con tratamiento de diálisis peritoneal o hemodiálisis, los cuales deben llevar a cabo registros de sus hábitos alimenticios y sus sesiones de tratamiento. En este trabajo se presenta el desarrollo e implementación de una aplicación móvil que permite realizar estos registros, además de que brinda la posibilidad de que el médico responsable pueda monitorear al paciente a través de una página web. La aplicación móvil se desarrolló para dispositivos con sistema operativo Android por medio de java y XML, mientras que la página web se diseñó con PHP, HTML y CSS. El desarrollo de estas herramientas permite un registro eficaz de los datos por parte del paciente y un seguimiento oportuno por parte del médico.

**Palabras clave**— Aplicación móvil, base de datos, diálisis peritoneal, hemodiálisis.

### Abstract

In Mexico there are around one hundred thousand patients under a peritoneal dialysis or hemodialysis treatment, who must keep track of their eating habits and treatment sessions. This paper presents the development and implementation of a mobile application that saves these records, in addition, it provides the possibility for the responsible doctor to monitor the patient through a web page. The mobile application was designed for devices with Android operating system through Java and XML, while the website was designed with PHP, HTML and CSS. The development of these tools allows an effective recording of the data by the patient and timely monitoring by the doctor.

**Keywords**— Database, hemodialysis, mobile app, peritoneal dialysis.

## 1. INTRODUCCIÓN

La insuficiencia renal crónica (IRC) consiste en la pérdida irreversible de las funciones de los riñones [1]. En México existen alrededor de 100 mil personas con tratamientos de diálisis peritoneal o hemodiálisis, los cuales son tratamientos para la IRC [2]. Comúnmente los pacientes bajo los tratamientos de diálisis deben llevar registros de sus

tratamientos y de sus hábitos alimenticios, los cuales son evaluados por su médico para tener un control adecuado de su salud [3]. Por este motivo, el proceso de recopilación de datos podría ser simplificado mediante el uso de una aplicación móvil que funcione como herramienta para la recopilación y organización de información, a la cual el médico pueda tener acceso para monitorear al paciente.

Actualmente, existen aplicaciones móviles que sirven de apoyo en el tratamiento de los pacientes con IRC, sin embargo, algunas de ellas solo se enfocan en un tipo específico de tratamiento, como hemodiálisis [4], no permiten que el médico pueda visualizar la información de sus pacientes de manera remota [5 6], no se encuentran desarrollados en su totalidad [7], o no están disponibles en México o en español [8, 9]. En este trabajo se presenta el desarrollo e implementación de una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android y una página web. La aplicación se encuentra dirigida a pacientes con insuficiencia renal que deban realizar un registro de sus tratamientos y sus hábitos alimenticios, mientras que en la página web, el médico del paciente podrá monitorearlo y tomar las medidas necesarias para que el tratamiento tenga los mejores resultados posibles.

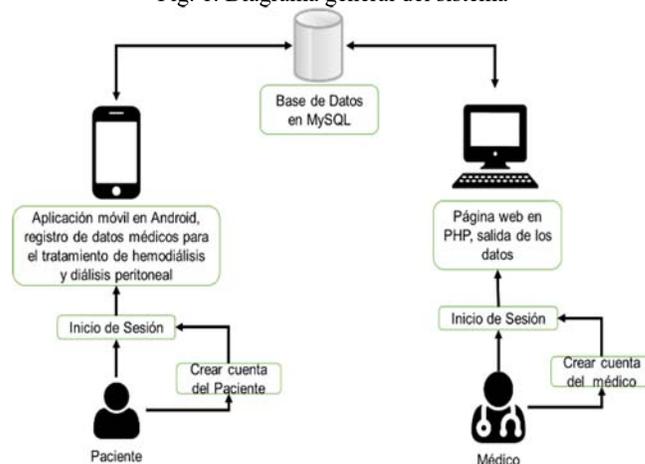
## 2. DISEÑO

El diseño del sistema se dividió en tres partes: diseño de la estructura, diseño de la aplicación y diseño de la página web, los cuales se explican a continuación.

### 2.1. Estructura del sistema desarrollado

La aplicación se desarrolló para dispositivos móviles con sistema operativo Android versión 5.1 o superior. A través de ella se hará el registro de los datos de las sesiones del tratamiento de los pacientes, los cuales serán guardados en una base de datos en MySQL.

Fig. 1. Diagrama general del sistema

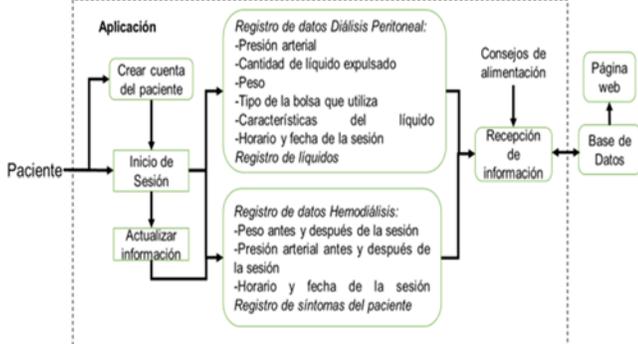


Fuente: Elaboración propia

La base de datos se encuentra en un servidor local. Los datos registrados mediante la aplicación se mostrarán a través de una página web donde el médico podrá monitorear el tratamiento del paciente. El funcionamiento del sistema se muestra en la Figura 1.

El funcionamiento general de la aplicación móvil se muestra en la Figura 2, el cual consiste en que el paciente pueda crear un perfil e iniciar sesión para realizar el registro de los datos de su tratamiento, ya sea este de diálisis peritoneal o hemodiálisis. En caso del tratamiento de hemodiálisis, el paciente puede registrar los datos de la sesión, y sus síntomas. En el caso del tratamiento de diálisis peritoneal, se puede realizar el registro de los datos de la sesión y la cantidad de líquidos que ingiere el paciente. Además, se podrá observar un listado de los alimentos permitidos, moderados y restringidos para el paciente.

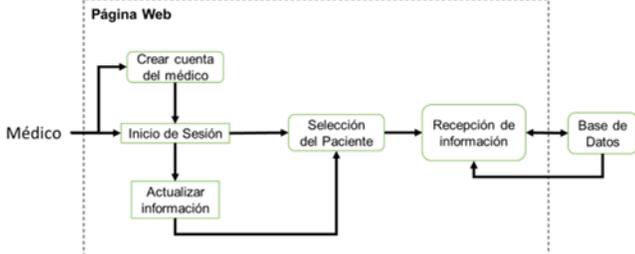
Fig 2. Diagrama de funcionamiento de la aplicación



Fuente: Elaboración propia

Una vez que la información es almacenada en la base de datos, el médico puede consultar la información de cada paciente por medio de la página web, además de modificar su contraseña o la del paciente. Para ello, el médico debe registrarse e iniciar sesión y así podrá acceder a un listado de pacientes que estén bajo tratamientos de diálisis peritoneal o hemodiálisis. Una vez que haya seleccionado un paciente, se le mostrarán los datos de las sesiones del tratamiento en el que se encuentre. En el caso de ambos tratamientos, se mostrarán los datos de las sesiones, además, para los tratamientos de diálisis peritoneal se mostrarán la cantidad de líquidos que ingiere el paciente, mientras que para el tratamiento de hemodiálisis se podrá consultar los síntomas del paciente. En la Figura 3 se muestra el funcionamiento general de la página web.

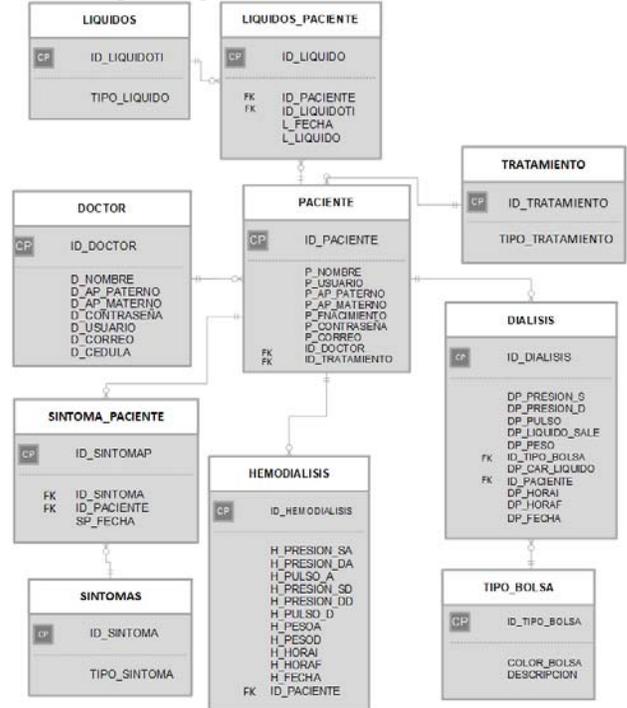
Fig 3. Diagrama de funcionamiento de la página web



Fuente: Elaboración propia

La organización de la base de datos, se muestra en la Figura 4 por medio de un diagrama relacional. La base de datos está compuesta por diez tablas (Doctor, Tratamiento, Paciente, Líquidos, Líquidos\_paciente, Tipo\_bolsa, Diálisis, Hemodiálisis, Síntomas y Síntomas paciente). Para la configuración del servidor web local se utilizó XAMPP ya que es un servidor independiente que proporciona el servidor web apache, MySQL y PHP. La base de datos fue desarrollada en el sistema gestor de base de datos MySQL con SQL, ya que MySQL es un sistema rápido y flexible.

Fig. 4. Diagrama relacional de la base de datos



Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Aplicación móvil

La programación de la aplicación se realizó con java y XML. Java facilita la manipulación de datos y se puede lograr una buena organización de la programación al ser un lenguaje orientado a objetos; XML permite lograr un diseño organizado en la elaboración de las interfaces de la aplicación. Además, la transferencia de datos se realizó con JSON, ya que es un formato ligero que permite el intercambio de datos de forma sencilla y eficaz [10]. La aplicación realiza peticiones http para llevar a cabo el registro, validación y consulta de los datos con ayuda de archivos PHP. Para las peticiones http fue utilizada la librería Volley, que optimiza el envío de peticiones desde la aplicación al servidor [11]. Para el registro y las consultas, se utilizó PHP porque permite la conectividad con la base de datos a través de funciones especializadas.

En la aplicación móvil, el paciente puede registrarse ingresando sus datos personales: nombre, apellidos, fecha de nacimiento, correo, nombre de usuario, contraseña, cédula del médico y tipo de tratamiento; al hacer clic en la opción

de *Registrar*, la aplicación esperará la respuesta del servicio web para verificar que el nombre de usuario esté disponible y pueda generarse el registro. Cada paciente estará relacionado con su médico por medio de la cédula profesional.

Los usuarios que ya se encuentren registrados en la base de datos, iniciaran sesión a través de la interfaz de *Inicio de sesión*, en la cual se debe ingresar el nombre de usuario y la contraseña. Para permitir el acceso, la aplicación mandará al servicio web los datos para verificar que sean correctos, además que se verificará el tipo de tratamiento y esperará respuesta. Con base en la respuesta obtenida, si los datos son correctos se le permitirá al usuario acceder a la pantalla principal correspondiente de cada tratamiento, en caso contrario no se permitirá el acceso.

La pantalla principal de cada tratamiento se desplegará dependiendo si el usuario se registró en el tratamiento de hemodiálisis o diálisis peritoneal. En ambos casos, los usuarios podrán hacer el registro de los datos de las sesiones de su tratamiento, los cuales serán almacenados en la base de datos para que el médico pueda monitorear el tratamiento de cada paciente.

Las opciones del menú principal que se despliega de la pantalla inicial, así como las acciones de cada una de ellas se muestran en la Tabla 1 para los pacientes con tratamiento de Diálisis peritoneal y en la Tabla 2 para los pacientes con tratamiento de hemodiálisis. El formato de fechas tanto para registro como las que se muestran es año/mes/día. Una vez que se ingrese algún dato en los campos de registro, estos se mandarán al servicio web para registrarlos en la base datos. En las opciones de *Mis datos de la sesión*, cada uno de los registros listados puede ser consultado, para poder observar los datos completos de dicha sesión.

Tabla 1. Opciones de la pantalla principal del tratamiento de Diálisis peritoneal

Diálisis peritoneal	
Opción de selección	Acción
Perfil	Se muestra: - Datos del paciente: Nombre completo, fecha de nacimiento, correo, tipo de tratamiento. - Datos del médico: Nombre completo y cédula profesional.
Registrar datos de la sesión	Se podrá registrar: - Fecha - Hora del inicio de la sesión - Hora del final de la sesión - Presión arterial sistólica (mmHg) - Presión arterial diastólica (mmHg) - Pulso (por minuto) - Peso del paciente (kg) - Características del líquido - Color de la bolsa (verde, roja o amarilla)

Registro de líquidos	Se podrá registrar: - Fecha de registro - Cantidad de líquido ingerido (ml) - Tipo de líquido ingerido (agua natural, agua de sabor, jugo, leche, café, té, sopa, caldo, refresco u otro)
Mis datos de la sesión	Muestra los últimos 28 registros realizados con la fecha y hora inicial y final de la sesión.
Consejos alimenticios	- Alimentos diarios - Alimentos moderados - Alimentos restringidos
Cerrar sesión	Cierra la sesión y regresa a la página de <i>Inicio de sesión</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Opciones de la pantalla principal del tratamiento de Hemodiálisis

Hemodiálisis	
Opción de selección	Acción
Perfil	Se muestra: • Datos del paciente: Nombre completo, fecha de nacimiento, correo, tipo de tratamiento. • Datos del médico: Nombre completo y cédula profesional.
Registrar datos de la sesión	Se podrá registrar: - Fecha - Hora del inicio de la sesión - Hora del final de la sesión - Presión arterial sistólica (mmHg) - Presión arterial diastólica (mmHg) - Pulso (por minuto) - Peso del paciente antes de la sesión (kg) - Peso del paciente después de la sesión (kg)
Registro de síntomas	Se podrá registrar: - Fecha - Tipo de síntoma (calambres musculares, cansancio, debilidad, mareo, diarrea, dificultad respiratoria, dolor de cabeza, dolor en la zona del injerto, náuseas, picazón, presión arterial baja, problemas de sueño o vómito)
Mis datos de la sesión	Muestra los últimos 15 registros realizados con la fecha y hora inicial y final de la sesión.
Consejos alimenticios	- Alimentos diarios - Alimentos moderados - Alimentos restringidos
Cerrar sesión	Cierra la sesión y regresa a la página de <i>Inicio de sesión</i>

Fuente: Elaboración propia

### 2.3. Página web

La página web se diseñó con PHP, HTML y CSS. HTML proporciona una forma estructurada a la página, PHP permite una conexión sencilla con la base de datos, permite realizar tareas para el desarrollo web y además puede ser incrustado en el código HTML [12]. CSS ofrece una gran variedad de herramientas para el diseño de la página web.

Al igual que en la aplicación móvil, en la página web el médico podrá registrarse con sus datos: nombre completo, correo, nombre de usuario, contraseña y cédula profesional; al dar clic en la opción de *Registrarse* se validará que el usuario médico esté disponible. Posteriormente al registro, el médico podrá ingresar con su nombre de usuario y contraseña.

Una vez que el médico se haya registrado, en la página de inicio deberá ingresar el nombre de usuario del paciente y contraseña. Si los datos ingresados son correctos, el médico podrá acceder a la página principal donde se mostrará la lista de pacientes relacionados con él.

El listado de los pacientes relacionados con el médico mostrará la información de los pacientes: nombres completos, correo, fecha de nacimiento y tipo de tratamiento. El médico podrá acceder a la información de cada paciente dando clic en el vínculo *Ver información de cada paciente*, o seleccionando el paciente para mostrar los registros que fueron enviados por el paciente a través de la aplicación móvil.

Para el caso de un paciente con tratamiento de diálisis peritoneal, el médico podrá visualizar los últimos 60 registros de sesión ordenados por fecha, así como los últimos 60 registros de líquidos ingeridos por el paciente, también ordenado por fecha. Para los pacientes con tratamiento de hemodiálisis, se mostrarán los últimos 50 registros de las sesiones, ordenadas por fecha, así como los últimos 50 registros de síntomas también ordenados por fecha.

## 3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

A continuación, se mostrarán imágenes de la aplicación y la página web en funcionamiento con base en la descripción de las secciones anteriores.

### 3.1. Aplicación móvil

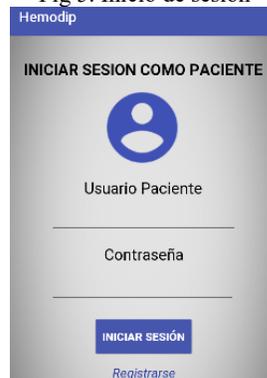
En la Figura 5 se muestra la página de *Inicio de sesión de paciente*. El paciente deberá ingresar sus datos de nombre de usuario y contraseña con los que se registró previamente. De no haber realizado el registro podrá hacerlo dando clic en la opción de *Registrarse* debajo de la opción *Iniciar sesión*.

Dependiendo del tipo de tratamiento en el que se haya registrado cada usuario, el paciente podrá acceder al menú principal del tratamiento de diálisis peritoneal, como se

muestra del lado izquierdo de la Figura 6; o del tratamiento de hemodiálisis, como se muestra del lado derecho de la Figura 6.

Para llevar a cabo el registro de la sesión se desplegará una pantalla que mostrará los campos correspondientes a cada uno de los tratamientos (Tabla 1 y 2). Para los pacientes de tratamiento de Diálisis peritoneal se mostrará una pantalla como la que se muestra del lado izquierdo de la Figura 7; en el caso de los pacientes con tratamiento de Hemodiálisis se mostrará la una pantalla como la que se muestra del lado derecho de la Figura 7.

Fig 5. Inicio de sesión



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Menú principal de ambos tratamientos



Fuente: Elaboración propia

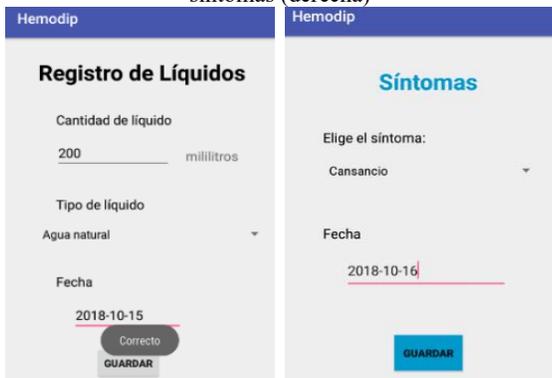
Fig. 7. Pantallas de registro



Fuente: Elaboración propia

En cada tipo de tratamiento se tiene la opción de hacer otro tipo de registro distinto a los datos de la sesión. En el caso del tratamiento de diálisis peritoneal se puede registrar la cantidad de líquido ingerido como se indica en la Tabla 1. Por otro lado, para el tratamiento de hemodiálisis el paciente puede registrar los síntomas que tiene como se indica en la Tabla 2. La pantalla de registro de líquidos para el tratamiento de diálisis peritoneal se muestra del lado izquierdo de la Figura 8, mientras que la pantalla de registro de síntomas se muestra de lado derecho de la Figura 8.

Fig. 8. Pantallas de registro de líquidos (izquierda) y registro de síntomas (derecha)



Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Página web

A través de la página web el médico podrá visualizar los datos que los pacientes hayan registrado por medio de la aplicación móvil. Para acceder a estos datos, es necesario que el médico inicie sesión en la página de *Iniciar sesión médico* que se muestra en la Figura 9. Para iniciar sesión el médico debe estar previamente registrado, en caso de no estarlo, podrá hacerlo dando clic en la opción *Registrarse* que se encuentra debajo de la opción *Iniciar sesión*.

Figura 9. Inicio de sesión del médico en la página web



Fuente: Elaboración propia

Una vez que el médico inicie sesión, se desplegará la página principal, como se muestra en la Figura 10. Para cada paciente aparecerá un hipervínculo que direccionará a los datos del paciente correspondiente. Para los pacientes con el

tratamiento de diálisis peritoneal se mostrarán los datos de las sesiones y el registro de líquidos y para los pacientes con tratamiento de hemodiálisis se mostrarán los datos de las sesiones y el registro de síntomas.

El médico también tendrá la opción de buscar un paciente en específico por medio de la barra de búsqueda que se encuentra en la parte superior izquierda de la página principal. Además, en esta página, el médico también podrá cerrar sesión y modificar su contraseña en las opciones que se encuentran en la parte superior derecha de la pantalla.

Fig. 10. Página principal del médico MONITOREO DE PACIENTES



Fuente: Elaboración propia

Una vez que el médico haya seleccionado un paciente, se le presentará una pantalla que muestra los últimos 60 registros de las sesiones para los pacientes que se encuentren en un tratamiento de diálisis peritoneal; y los últimos 50 datos de registros si los pacientes se encuentran en un tratamiento de hemodiálisis. La lista de los registros estará ordenada de acuerdo a la fecha de registro, como se muestra en la Figura 11. Si se desea que se muestren los datos a partir de una fecha en específico se tendrá que seleccionar la fecha en el calendario y dar clic en *Mostrar*.

Fig. 11. Información de las sesiones de un paciente en tratamiento de hemodiálisis Datos de las sesiones del paciente



Fuente: Elaboración propia

Si el paciente se encuentra en tratamiento de diálisis peritoneal, el médico podrá consultar los últimos 60 registros de los líquidos consumidos, que se mostrarán como en la Figura 12. Por otro lado, si el paciente está en un tratamiento de hemodiálisis, el médico podrá consultar los últimos 50 registros de sus síntomas, que se presentarán como en la Figura 13. En ambos casos, el médico podrá

visualizar los datos a partir de una fecha en específico seleccionándola en el calendario y dando clic en *Mostrar*.

Fig. 12. Registros de líquidos ingeridos para los pacientes con tratamiento de diálisis peritoneal.



Fuente: elaboración propia

Figura 13. Registros de los síntomas para los pacientes con tratamiento de hemodiálisis.



Fuente: elaboración propia.

#### 4. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó el desarrollo de una aplicación móvil que cuenta con las facilidades necesarias para servir de apoyo a las personas con insuficiencia renal, las cuales tienen que llevar un control de sus hábitos alimenticios, así como de sus tratamientos de diálisis peritoneal o hemodiálisis. Además, también se desarrolló una página web, a través de la cual los médicos pueden monitorear a sus pacientes para determinar las acciones que se deben tomar en sus tratamientos. Ambas herramientas pueden beneficiar ampliamente los resultados del tratamiento de los pacientes con IRC, ya que permiten la recolección y organización de información útil para el médico. Como trabajo futuro se pretende realizar pruebas con pacientes y médicos para mejorar la aplicación y la página web con base a los requerimientos o sugerencias que se presenten después de haber evaluado las herramientas. Además, la aplicación pudiera ser implementada en otro sistema operativo como

IOS, para ampliar la población que pueda hacer uso de la herramienta.

#### 5. REFERENCIAS

[1] Renalis. (2016). La Insuficiencia Renal en México: Un grave problema de Salud Pública. Febrero 1, 2018, de Renalis Sitio web: <http://www.renalis.com.mx/la-insuficiencia-renal-en-mexico/>

[2] CONACYT. (2018). Innovación mexicana en el tratamiento de insuficiencia renal. Septiembre 20, 2018, de CONACYT Sitio web: <http://conacytprensa.mx/index.php/ciencia/salud/20225-innovacion-mexicana-insuficiencia-renal>

[3] National Kidney Foundation. (2019). Nutrition and kidney disease, stages 1-4. Recuperado de National Kidney Foundation: <https://www.kidney.org/nutrition/Kidney-Disease-Stages-1-4>

[4] Remote Monitoring Systems for Chronic Patients on Home Hemodialysis: Field Test of a Copresence-Enhanced Design. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5596297/>

[5] Cepeda, C. (Mayo de 2015). Dialisis24h o cómo crear una aplicación móvil de salud desde la base. Recuperado de: Salud Conectada: <https://saludconectada.com/dialisis24h-o-como-crear-una-aplicacion-movil-de-salud-desde-la-base/>

[6] Sanofi-aventis groupe. (2013). KidneyAPPetite. Recuperado de Soft112: <https://kidneyappetite-ios.soft112.com/>

[7] Cuevas, J., Domínguez, E., & Velázquez, Y. (2016). Telemonitoring system for patients with chronic kidney disease undergoing peritoneal dialysis. IEEE Latin America Transactions, 14(4), 2000-2006.

[8] National Kidney Foundation. (2019). H2OVERLOAD: Fluid control for heart-kidney health. Recuperado de National Kidney Foundation: <https://www.kidney.org/apps/H2Overload-app>

[9] National Kidney Foundation. (2019). Welcome to My Food Coach. Recuperado de National Kidney Foundation: <https://foodcare.com/myfoodcoach/signin/>

[10] Android developer. (2019). Especificaciones Volley. Enero 31, 2019, de Android developer Sitio web: <https://developer.android.com/training/volley/>

[11] Cobo, Á., Gómez, P., Pérez, D., & Rocha, R. (2005). PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web. España: Diaz de Santos.