Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica
Página principal: www.riiit.com.mx

Desarrollo de una aplicación web para la recomendación de alimentos a pacientes con diabetes

Development of a web application for the recommendation of food to patients with diabetes

Vega-Arroyo, E., Gallardo-López, L.

Departamento de Sistemas, Universidad Autónoma Metropolitana, C.P. 02200, Azcapotzalco, Ciudad de México.
eli.vega26@hotmail.com; glizbeth@azc.uam.mx

Innovación tecnológica: Herramientas tecnológicas de seguimiento para solucionar problemas de la salud.
Área de aplicación industrial: Salud y tecnología.

Recibido: 05 marzo 2020
Aceptado: 24 marzo 2021

Abstract

In Mexico seven out of ten adults are overweight or obese. The main cause of obesity is the energy imbalance between calories consumed and calories expended. A person is more likely to develop diabetes if he or she is not physically active and is overweight or obese. The objective of this project was to develop a web application named *Alimento saludable (healthy food)* for the recommendation of foods to patients with diabetes. *Alimento saludable (healthy food)* permits admission to each previously registered patient; the patient selects one, two or three preferred ingredients, and the application provides the recommendation of one or more recipes; also, it performs a caloric tracking through the nutritional records of the food consumed, the physical activities performed and through the profile defined by the height, weight, age, gender and level of physical activity of the patient; in addition, it shows a visualization of the caloric consumption data through graphical components of easy interpretation. *Alimento saludable* (*healthy food*) have a three-layer architecture; the main technologies used in the development process were: *Java*, *Hibernate*, *MySQL* and *Angular*. The application works through Web Services based on the REST architecture. The application's GUI is responsive, to offer the patient a feeling of fluidity because he observes the information comfortably on different devices (PC, laptop or smartphone) provided with a browser, thanks to the adaptation of the contents.

Key Words: calorie tracking, diabetes, food, web application, web services.

Resumen

En México siete de cada diez adultos tienen sobrepeso u obesidad. La principal causa de obesidad es el desequilibrio de una persona entre su consumo calórico y su gasto calórico. Una persona es más propensa a desarrollar diabetes si no se mantiene activa físicamente y si tiene sobrepeso u obesidad. El objetivo de este proyecto fue el desarrollar una aplicación web llamada *Alimento saludable* para la recomendación de alimentos a pacientes con diabetes. *Alimento saludable* es capaz de asignar permisos de ingreso a cada paciente que se registre; el paciente selecciona uno, dos o tres ingredientes preferentes, y la aplicación proporciona la recomendación de una o varias recetas de cocina; también, realiza un seguimiento calórico a través del registro nutricional de los alimentos consumidos, actividades físicas realizadas y del perfil definido por la altura, peso, edad, género y nivel de actividad física del paciente; además, realiza una visualización de los datos del consumo calórico a través de componentes gráficos de fácil interpretación. El diseño de *Alimento saludable* está basado en la arquitectura *three-layer* y las principales tecnologías empleadas en el proceso de desarrollo fueron: *Java, Hibernate, MySQL* y *Angular*. La aplicación funciona mediante Servicios Web basados en la arquitectura REST. La GUI de la aplicación es *responsive* para ofrecer al usuario una sensación de fluidez porque observa la información cómodamente desde diferentes dispositivos (PC, laptop o smartphone) provistos de un navegador, gracias a la adaptación de los contenidos en cada uno de ellos.

Palabras Clave: seguimiento calórico, diabetes, alimentación, aplicación web, servicios web.

1. Introducción

La diabetes es una enfermedad que se presenta cuando el nivel de glucosa en la sangre es demasiado alto y el cuerpo no es capaz de generar suficiente insulina para enviar esta glucosa a las células. La diabetes puede ser clasificada en dos categorías: diabetes tipo 1 y diabetes tipo 2. Con la diabetes tipo 1 el sistema inmunitario destruye las células encargadas de producir insulina convirtiendo el cuerpo en uno insulinodependiente. La diabetes tipo 1 generalmente se diagnostica en niños y adultos jóvenes. Con la diabetes tipo 2 el cuerpo no produce o no usa la insulina adecuadamente. La diabetes tipo 2 generalmente se diagnostica en personas de mediana edad y ancianos con antecedentes familiares de diabetes o sobrepeso. La diabetes puede conducir a enfermedades tales como complicaciones cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares, lesiones en los nervios, problemas renales, etc. La diabetes se encuentra entre las primeras causas de muerte en México desde el año 2000, la prevalencia de esta enfermedad se presenta en la población adulta del país, teniendo un registro del 9.4% de la población en el año 2016 [1]. La diabetes tipo 2 es la más común y representa de 85% a 90% de los casos [2]. Los principales factores que causan esta enfermedad es el estilo de vida de la persona y sus genes. Una persona es más propensa a desarrollar diabetes si no se mantiene activa físicamente, si tiene sobrepeso u obesidad y si cuenta con antecedentes familiares diabéticos [3]. La principal causa de obesidad en una persona es el desequilibrio entre su consumo calórico y su gasto calórico, generando un incremento en su índice de masa corporal (IMC) [4]. La presencia de la diabetes en la población es un problema de salud pública que requiere de la toma de acciones que alienten la prevención de sus causas y eliminen factores de riesgo. Además,

se debe mostrar interés en la creación de medidas que ayuden a las personas que ya padecen diabetes con el seguimiento de su condición, y con el tratamiento prescrito por un médico. Con estas acciones, los pacientes podrán llevar un estilo de vida saludable y prevenir complicaciones en un futuro.

La nutrición y la actividad física son fundamentales para un estilo de vida saludable en personas con diabetes. Aumentar la actividad física y hacer cambios en los alimentos y bebidas que se ingieren es una tarea complicada, donde el qué, cuánto y cuándo comer es importante para mantener un nivel de glucemia adecuado.

Una aplicación web (app) es un software aplicativo que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de la red de internet o de una intranet, mediante un navegador, desde una PC o desde un dispositivo móvil [5]. Las apps enfocadas a la salud pretenden ayudar al paciente en su vida diaria, porque están enfocadas a facilitar tareas que están relacionadas con su tratamiento; por ejemplo, el registro de parámetros médicos como niveles de glucosa, presión arterial, ritmo cardiaco, etc. En particular, una app que recomiende a un paciente con diabetes alimentos acordes a su condición, podría motivarlo a cumplir su propósito de una vida más saludable, luego de notar un cambio favorable en su estado actual. Luego entonces, la hipótesis de esta investigación exploratoria se expresa de la siguiente manera: es posible desarrollar una app que recomiende a pacientes con diabetes alimentos adecuados a su condición y le ayude a dar seguimiento a su consumo calórico para potencialmente mejorar su calidad de vida.

El objetivo de este proyecto de investigación fue el desarrollar una aplicación web llamada *Alimento saludable* para la recomendación de alimentos a pacientes con diabetes. *Alimento saludable* es capaz de asignar permisos de ingreso a cada paciente que se registre; el paciente selecciona uno, dos o tres ingredientes preferentes, y la aplicación proporciona la recomendación de una o varias recetas de cocina; también, realiza un seguimiento calórico a través del registro nutricional de los alimentos consumidos, actividades físicas realizadas y del perfil definido por la altura, peso, edad, género y nivel de actividad física del paciente; además, realiza una visualización de los datos del consumo calórico a través de componentes gráficos de fácil interpretación. Esta app deberá estar bajo el control de médicos nutriólogos, especialistas en la alimentación de un paciente con diabetes. Para alcanzar los objetivos y validar esta hipótesis se contrastaron los objetivos de *Alimento saludable* con los de los trabajos relacionados antes del desarrollo de esta app.

El artículo está organizado en las siguientes secciones: La sección 2 presenta los trabajos relacionados; la sección 3 describe la metodología de desarrollo; la sección 4 describe el diseño de *Alimento saludable*; la sección 5 presenta la tecnología empleada en el desarrollo; la sección 6 presenta los resultados; la sección 7 presenta el análisis de resultados y la sección 8 presenta las conclusiones y el trabajo futuro de esta investigación.

2. Trabajos Relacionados

Existen diferentes apps que permiten obtener un seguimiento en la alimentación de un usuario, algunas son: *eDietForYou*, *MyFitnessPal* y *Lost It!*. Todas las apps de la Tabla 1 emplean la métrica Tasa Metabólica Basal (TMB) y nivel de actividad física para determinar el nivel de consumo calórico y nivel de gasto calórico por una persona. Los trabajos relacionados identifican al público en general como usuario objetivo; por lo

tanto, no proporcionan recetas específicas para personas con diabetes. Para *Alimento saludable* la persona diabética es el usuario objetivo, y busca tener recetas específicas para ellos. A continuación, se describen las características y funcionalidades principales de cada app.

eDietForYou [6] es una app diseñada para recomendar un plan de alimentos dietéticos basado en la cantidad de calorías diarias requeridas y el nivel de actividad física diaria. La app proporciona un menú completo con el tipo de alimentos y las cantidades recomendadas para una buena alimentación. Sin embargo, no permite que el usuario busque o seleccione una receta de cocina. La interfaz gráfica que se despliega en un navegador no es adaptable al tamaño de la pantalla del dispositivo móvil.

MyFitnessPal [7] es una app donde los usuarios registran su consumo alimenticio y su actividad física. Permite que el usuario agregue y busque recetas de cocina. Incluye un *blog* donde la comunidad interactúa compartiendo artículos relacionados a un estilo de vida saludable. La interfaz gráfica que se despliega en un navegador no es adaptable al tamaño de la pantalla de un dispositivo móvil, pero cuenta con una aplicación móvil nativa para desplegar correctamente su contenido.

Lost It! [8] es una app donde los usuarios realizan un seguimiento de su consumo diario de alimentos y de su actividad física, a través del registro de estos parámetros en la app. Cuenta con una comunidad para compartir recursos mediáticos relacionadas al control del peso. Sin embargo, no permite que el usuario busque y seleccione una receta de cocina en particular. La interfaz gráfica que se despliega en un navegador no es adaptable al tamaño de la pantalla de un dispositivo móvil, pero cuenta con una aplicación móvil nativa para desplegar correctamente su contenido.

Alimento saludable es una app que recomienda recetas de cocina a pacientes con diabetes. El usuario puede buscar y seleccionar una receta a partir de uno, dos o tres ingredientes; en contraste con los trabajos relacionados, *MyFitnessPal* y *Lost It!*, cuyo mecanismo de búsqueda emplea palabras clave que se localizan en el título de la receta; si el usuario piensa en un ingrediente que forma parte de una o varias recetas, pero que no está especificado en el título de éstas, no le serán recomendadas. *Alimento saludable* está pensada para que las recetas de cocina sean gestionadas por un grupo de nutriólogos especialistas en diabetes; en contraste con *MyFitnessPal* y *Lost It!*, las cuales permiten que los usuarios agreguen recetas personalizadas; en el caso de pacientes con diabetes, esta funcionalidad es inadecuada. La interfaz gráfica del usuario que se despliega en un navegador es *resposive*; es decir, el contenido se adapta al tamaño de la pantalla de cualquier dispositivo que la despliega; en contraste con *MyFitnessPal* y *Lost It!*, que no tienen una interfaz gráfica *responsive*, esto implicó construir una app cliente nativa específica para algunos dispositivos móviles. *Alimento saludable* no permite la interacción entre pacientes, en contraste con *MyFitnessPal* y *Lost It!*, que sí la permiten con el propósito de compartir recursos mediáticos referentes al control del peso.

Tabla 1. Comparación de trabajos relacionados.

Característica/Funcionalidad	***eDietForYou***	***MyFitnessPal***	***Lost It!***	***Alimento Saludable***
Usuarios objetivo	Público en general	Público en general	Público en general	Pacientes con Diabetes
Recetas de cocina para pacientes con diabetes	No	No	No	Si
Técnica para cálculo de calorías recomendadas	TMB y nivel de actividad física	TMB y nivel de actividad física	TMB y nivel de actividad física	TMB y nivel de actividad física
Permite definir un perfil	Si	Si	Si	Si
Permite buscar recetas de cocina	No	Si	Si	Si
Criterio de búsqueda	-	Por palabras clave	Por palabras clave	Uno, dos o tres ingredientes
Permite agregar recetas de cocina	No	Si (por los usuarios)	Si (por los usuarios)	Si (por los nutriólogos)
Permite la interacción entre usuarios	No	Si	Si	No
Interfaz gráfica del usuario *responsive*	No	No, pero cuenta con una aplicación móvil nativa	No, pero cuenta con una aplicación móvil nativa	Si

3. Metodología

La metodología empleada durante el desarrollo de la aplicación *Alimento saludable* fue el UP (*Unified Process*). Esta metodología se caracteriza por estar dirigida por casos de uso y por estar centrada en la arquitectura del sistema, el desarrollo se realiza a través de actividades (llamadas disciplinas) que se llevan a cabo de manera iterativa e incremental, en cuatro fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición [9]. Las disciplinas realizadas en este proyecto fueron: Modelo de negocio, Análisis de requerimientos, Diseño, Implementación y Pruebas.

En la fase de Inicio, se realizó la disciplina Modelo de negocio. Esta disciplina fue fundamental para estudiar el tema de la diabetes en México y su relación con la alimentación; se estableció la hipótesis de investigación y se revisaron los trabajos relacionados; con estos elementos se determinó el alcance del sistema.

En la disciplina Análisis de requerimientos se determinaron las funcionalidades del sistema y sus objetivos. Se elaboró el diagrama de casos de uso, los escenarios de uso, así como una maqueta inicial de la interfaz gráfica del usuario (GUI por sus siglas en inglés *Graphical User Interface*). Esta maqueta facilitó la comprensión de las funcionalidades del sistema.

En la disciplina de Diseño se estableció la arquitectura del sistema, a través de los artefactos siguientes: diagrama de la arquitectura física, diagrama de clases, diagramas de robustez, diagramas de secuencia, y diagrama de entidad-relación de la base de datos. Además del diseño de las funcionalidades, se diseñó una GUI adaptable al tamaño de la pantalla que despliegue la app (PC, laptop o smartphone), a esta forma de diseño se le conoce como *responsive design.*

También se establecieron las tecnologías que se utilizarían para su implementación.

En la disciplina de Implementación se programó cada módulo establecido en el diseño del sistema, a través de diferentes iteraciones, que involucraron las disciplinas de requerimientos, diseño y pruebas. Durante esta disciplina se obtuvieron los componentes de *software* tanto del *backend* como del *frontend*.

En la disciplina de Pruebas se verificó y validó cada funcionalidad del sistema, empleando casos de prueba, y por ende pruebas unitarias; también se realizaron pruebas de integración para comprobar el correcto funcionamiento de los diferentes flujos, desde la capa de presentación, seguido de la capa del dominio, y finalmente, la capa de datos. Los flujos están determinados por los casos de uso.

Se realizaron 18 iteraciones en total para todas las disciplinas mencionadas. Cada iteración tuvo una duración aproximada de entre dos y tres semanas; de las cuales, las primeras 4 iteraciones tuvieron una duración de 3 semanas por la curva de aprendizaje de la tecnología elegida para el desarrollo.

4. Diseño del sistema

La figura 1 muestra el diagrama de casos de uso de *Alimento saludable*. Los módulos que satisfacen estos casos de uso son los siguientes:

Gestor del registro. Este módulo permite registrar algunos datos del paciente, a saber: nombre, contraseña y correo electrónico; además de validar la cuenta del paciente, a través del envío de un enlace de acceso a la aplicación, con el correo electrónico proporcionado. Este módulo también permite modificar la contraseña de un paciente en caso de extravió u olvido. El módulo emplea la técnica de cifrado Bcrypt [10] para garantizar cierto grado de seguridad en la contraseña.

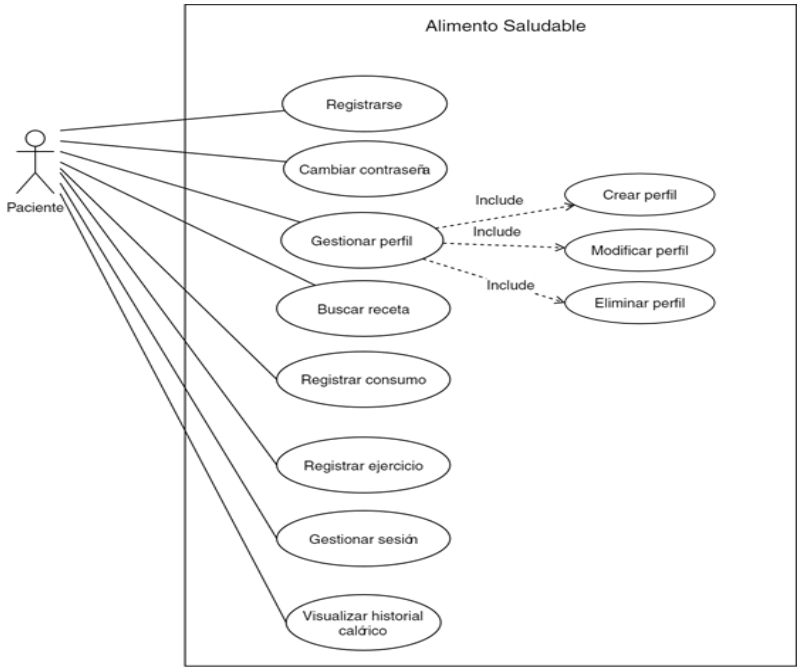


Figura 1. Diagrama de casos de uso. Fuente: Elaboración propia.

Gestor de sesiones. Este módulo permite que un paciente registrado en la app, tenga acceso a ésta cuando lo desee. Para lograrlo, realiza la creación, modificación y eliminación de sesiones a través de un *JSON Web Token* [11].

Gestor del perfil. Este módulo permite crear, consultar, eliminar y modificar el perfil de un paciente. Los datos de un perfil son: altura, peso, edad, género y nivel de actividad física. Con esta información la aplicación puede calcular su Tasa Metabólica Basal (TMB) y junto con el nivel de actividad física obtener la cantidad de calorías diarias recomendadas.

Gestor de recomendaciones. Este módulo permite buscar una o varias recetas que coincidan con hasta tres ingredientes seleccionados por el paciente; por ejemplo, pollo, calabaza y tomate. Posteriormente, elabora una lista con las recetas a manera de recomendación. A partir de esta lista, el paciente puede seleccionar una o varias recetas, así como las porciones que consumió o que consumirá. Las recetas deberán estar almacenadas previamente en la aplicación.

Gestor calórico. Este módulo se encarga de gestionar el consumo calórico y de macronutrientes sugeridos, las calorías y los macronutrientes ingeridos, las calorías gastadas y un historial.

El consumo sugerido del día es calculado con base al TMB del paciente. Para ello se hizo uso de la ecuación de Harris-Benedict revisada por Mifflin y St Jeor en 1990 [12] para calcular el TMB en mujeres Ec. (1) y hombres Ec. (2).

$$MujeresTMB = 10 \times peso(kg) + 6.25 \times altura(cm) - 5 \times edad(años) - 161 \quad \textbf{(Ec. 1)}$$

$$HombresTMB = 10 \times peso(kg) + 6.25 \times altura(cm) - 5 \times edad(años) + 5 \quad \textbf{(Ec. 2)}$$

Una vez obtenido el TMB, este es multiplicado por el factor de nivel de actividad física que tiene la persona, y así obtener la cantidad de calorías diarias recomendadas (CDR). El factor de nivel de actividad física se basa en los valores de la Tabla 2.

Tabla 2. Factores según el nivel de actividad física **[13]**.

Nivel de actividad física	Factor
Poco o ningún ejercicio	1.2
Ejercicio ligero (1-3 días a la semana)	1.375
Ejercicio moderado (3-5 días a la semana)	1.55
Ejercicio fuerte (6-7 días a la semana)	1.725
Ejercicio muy fuerte (dos veces al día, entrenamientos muy duros)	1.9

Por último, se hace un ajuste en la cantidad de calorías diarias recomendadas a través del cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC) del paciente y su clasificación según la Tabla 3. El ajuste consiste en la adición o sustracción de 500 calorías a la cantidad actual de calorías diarias recomendadas. Si el paciente se encuentra en la clasificación "Bajo de peso" se realizará la suma de las calorías, en caso contrario si se encuentra en la clasificación "Sobrepeso" se realizará la resta de estas calorías, dando como resultado la cantidad total de calorías diarias recomendadas.

Tabla 3. Clasificación de IMC **[14]**.

Clasificación	IMC (kg/m²)
Bajo de peso	< 18.5
Normalidad	18,5 - 22,9
Sobrepeso	≥25

Las cantidades de gramos diarios recomendados para cada macronutriente también son calculadas por la aplicación. Para el caso de carbohidratos el valor recomendado es un 50% - 60% del aporte calórico total, para las proteínas es de un 15% - 20% y para las grasas es de un 35% [15]. Un

gramo de carbohidratos equivale a 4 kcal, un gramo de proteína equivale a 4 kcal, y un gramo de grasas equivale a 9 kcal. Entonces para calcular las cantidades de macronutrientes recomendadas se utilizaron las ecuaciones Ec. (3), Ec. (4) y Ec. (5).

$$Carbohidratos\ recomendados(g) = \frac{CDR(kcal) \times 0.52}{4(kcal/g)} \ (\boldsymbol{Ec.3})$$

$$Proteínas\ recomendadas(g) = \frac{CDR(kcal) \times 0.15}{4(kcal/g)} \ (\boldsymbol{Ec.4})$$

$$Grasas\ recomendados(g) = \frac{CDR(kcal) \times 0.35}{9(kcal/g)} \ (\boldsymbol{Ec.5})$$

Las calorías ingeridas se obtienen de cada receta de cocina seleccionada. En efecto, cuando un paciente selecciona una receta, se asume que la consumió y se realiza su registro con los datos: fecha, receta y porciones. El registro puede ser modificado posteriormente por el usuario en caso de desearlo así, posibilitando el cambio de cantidad de porciones o la eliminación del registro. Las unidades para cada porción dependen del tipo de alimento seleccionado, a saber: gramos, mililitros, pieza, entre otros.

La cantidad de calorías gastadas se calcula con la duración de una actividad física seleccionada por el paciente. Los datos del registro de una actividad física son: fecha, tipo de actividad física y tiempo de duración.

La aplicación cuenta con diferentes tipos de actividades físicas para seleccionar [16], cada una de estas contiene un valor de unidad de medida del índice metabólico (MET), el cual sirve para calcular la cantidad de calorías gastadas por minuto. Un MET equivale a 0,0175 $kcal/kg^{-1}/min^{-1}$. Podemos calcular el gasto calórico por minuto a través de la Ec. (6).

$$Kcal\ gastadas/min = MET \times 0.0175 \times peso(kg) \ (\boldsymbol{Ec.6})$$

Una vez obtenidas las calorías gastadas por minuto basta con multiplicar el valor por la duración de la actividad física en minutos, para obtener la cantidad de calorías gastadas en el registro.

El historial incluye tanto el consumo como el gasto calórico. El módulo muestra los índices no favorables en cuanto al consumo calórico, a partir del cálculo de la cantidad de calorías diarias recomendadas y de las cantidades de macronutrientes recomendadas. Estos valores los informa tanto en el registro diario como en el historial. La visualización del historial se realiza a través de reportes semanales en gráficos de barras.

Arquitectura del sistema

El diseño de la aplicación *Alimento saludable* está basado en la arquitectura *Three-layer*. Esta arquitectura consiste en la separación de los componentes de la aplicación en tres capas: presentación, lógica del negocio y acceso a datos. Así mismo, la comunicación de la aplicación se encuentra basada en la arquitectura orientada a servicios (por sus siglas en inglés SOA-Services Oriented Architecture).

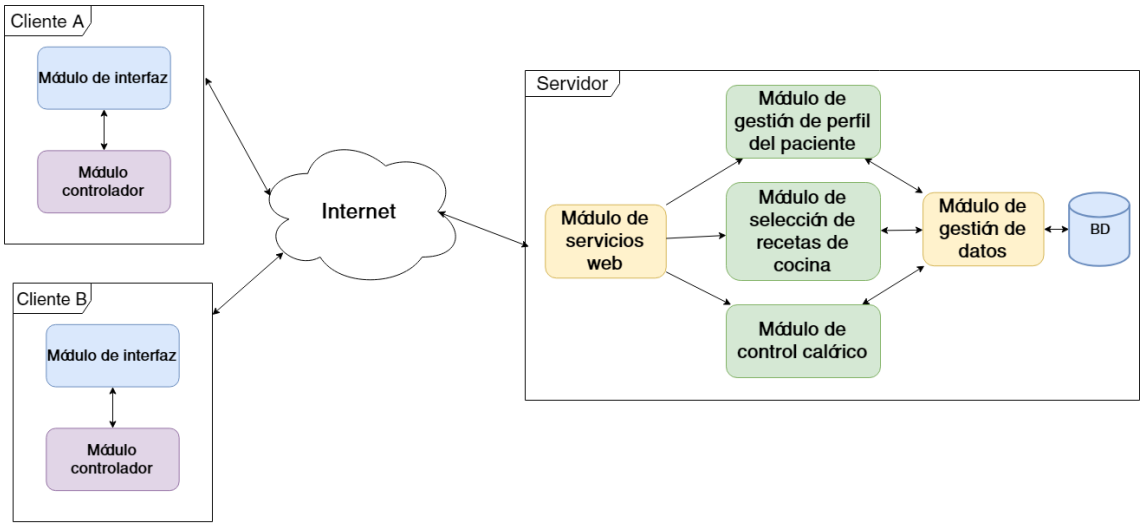


Figura 2 Diagrama de la arquitectura del sistema. Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 2 se muestra un diagrama de despliegue para *Alimento saludable*, mostrando la distribución de los módulos en los equipos de cómputo que estarán involucrados en su funcionamiento. También permite distinguir el *frontend* del *backend*. El *frontend* está del lado del cliente, mientras que el *backend* está del lado del servidor. El *frontend* incluye la capa de presentación, y está formado por un módulo de interfaz gráfica o GUI que se desplegará en un navegador, y un módulo controlador que se comunicará con la capa de lógica del negocio, en particular con el módulo de servicios web. El *backend* incluye las capas de lógica del negocio y la capa de datos. La capa de lógica del negocio está formada por los módulos: servicios web, gestión del perfil del paciente, selección de recetas de cocina y seguimiento calórico. La capa de datos contiene el módulo de gestión de datos junto con la base de datos.

Los datos del paciente se almacenan mientras esté suscrito a la app. A solicitud del paciente, es posible la eliminación por completo de su registro. Los registros están protegidos gracias a que no se permite el acceso directo a ellos desde la capa de presentación. Además, la contraseña se guarda de forma encriptada a través de la técnica de cifrado BCrypt.

5. Tecnología

A continuación, se presenta el software empleado en el entorno de desarrollo de *Alimento saludable*, tanto para el *backend* como para el *frontend* de la aplicación; así como el software para su puesta en producción. Es importante señalar que todo el software es de libre distribución.

Backend:

- Sistema operativo Windows 10 [17].
- Lenguaje de programación Java 8 [18].
- IDE para el desarrollo del *backend* NetBeans 8.2 [19].
- Herramienta para la gestión y construcción de proyectos Maven 3.5.3 [20].
- Herramienta de mapeo objeto-relacional (ORM) Hibernate 5.4.3 [21].
- Herramienta visual de diseño de bases de datos MySQL Workbench 8.0 CE [22].
- Sistema de gestión de bases de datos relacional MySQL 5.1.23 [23].
- Framework Jersey 1.19 [24].

- Procesador de anotaciones MapStruct 1.2.0 [25].
- API JAX-WS referida en el *framework* Jersey.

Frontend:
- *Framework* Angular 7 [26].
- IDE para el desarrollo del *frontend* Visual Studio Code 1.35.0 [27].
- Lenguaje de programación Typescript 3.1.6 [28].
- Componentes de diseño Angular Material [29].

Entorno de producción:
- Sistema operativo Windows o Linux, por ejemplo, Debian [30].
- Servidor web Apache Tomcat 8.5.31 [31].
- Servidor Node.js 10.13.0 [32].
- Servidor MySQL Server 5.7.22 [23].
- Interfaz de comandos de línea Angular CLI 7.0.6 [33].

6. Resultados

El resultado de esta investigación es la app *Alimento saludable*, que recomienda recetas de cocina a pacientes con diabetes y lo apoya al proveer un seguimiento a su consumo calórico; está dividida en tres funcionalidades principales: gestión del perfil del paciente, búsqueda, recomendación y selección de recetas de cocina, y seguimiento calórico. A continuación, se describe el uso de cada una de estas funcionalidades.

La Figura 3 muestra el formulario para definir el perfil del paciente con los datos siguientes: género, nombre, e-mail, altura, peso, fecha de nacimiento y actividad física, con la opción de incluir una fotografía o alguna imagen distintiva. También muestra un menú con las opciones: registro del día, recetas e historial; además, muestra la opción de cambiar la contraseña.

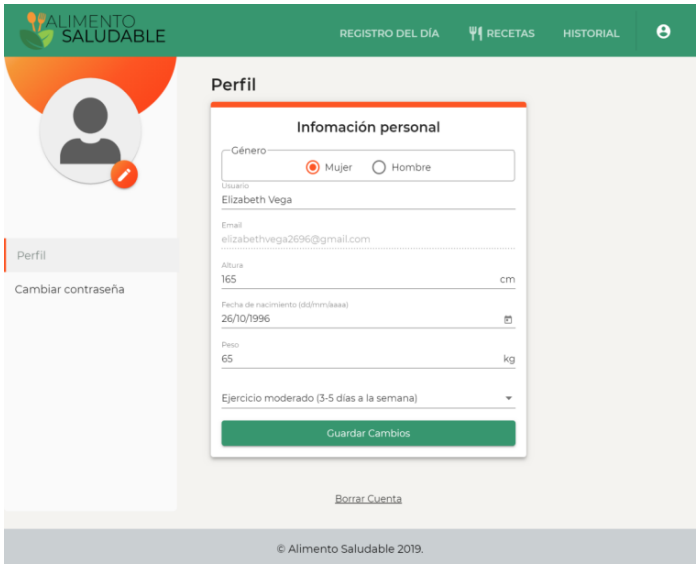


Figura 3 Interfaz para el módulo de gestión de perfil del paciente. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4 muestra la pantalla registro del día; del lado derecho se encuentra un gráfico con la cantidad de calorías recomendadas en un día para el paciente; enseguida se encuentra una descripción de los macronutrientes: proteínas, carbohidratos y grasas consumidos en el día; finalmente un contraste entre las calorías consumidas y las calorías gastadas (a través de la actividad física). Del lado izquierdo, la Figura 4

muestra las opciones desayuno, comida, cena y colación. En cualquiera de estas opciones, el paciente podrá buscar una receta de cocina; en respuesta, la app le recomendará una o varias recetas que atiendan a uno, dos o tres ingredientes seleccionados. La app también recomienda frutas y legumbres. Una vez seleccionada una receta de cocina o un alimento como fruta o legumbre, se asume que el paciente lo ha ingerido; por lo tanto, la app calcula la cantidad de kilocalorías recomendadas que aún podrá consumir el paciente durante el día. La opción ejercicio permite registrar la actividad física realizada durante el día; por ejemplo, 30 minutos de caminata lenta (3km/h) o 30 minutos de caminata rápida (5 km/h). La Figura 4 muestra un consumo de 2172 kcal para un paciente *x*. El paciente registró el consumo de una sopa de espinacas en la opción de desayuno. En la tarjeta se especifica 100 ml de sopa de espinacas, equivalente a 180 kcal; si el paciente escoge otra receta para ese desayuno, el valor calórico de esta receta será sumado a las 180 kcal. El total de kilocalorías de ambas recetas será mostrado en la parte inferior de la misma tarjeta. Del lado derecho, el gráfico representa, en color verde, el equivalente al consumo de las 180 kcal. El gráfico también muestra la cantidad de 1992 kcal que el paciente podrá consumir en otras comidas. 1992 kcal resulta de la diferencia entre 2172 kcal como consumo recomendado inicial y las 180 kcal consumidas en el desayuno. Debajo de este gráfico se muestra la cantidad de macronutrientes consumidos, en este caso 15g de 81g recomendados de proteínas, 13.5g de 282g de carbohidratos, y 9g de 80g de grasas. Finalmente, se contrasta 180 kcal consumidas y 0 kcal gastadas hasta ese momento.

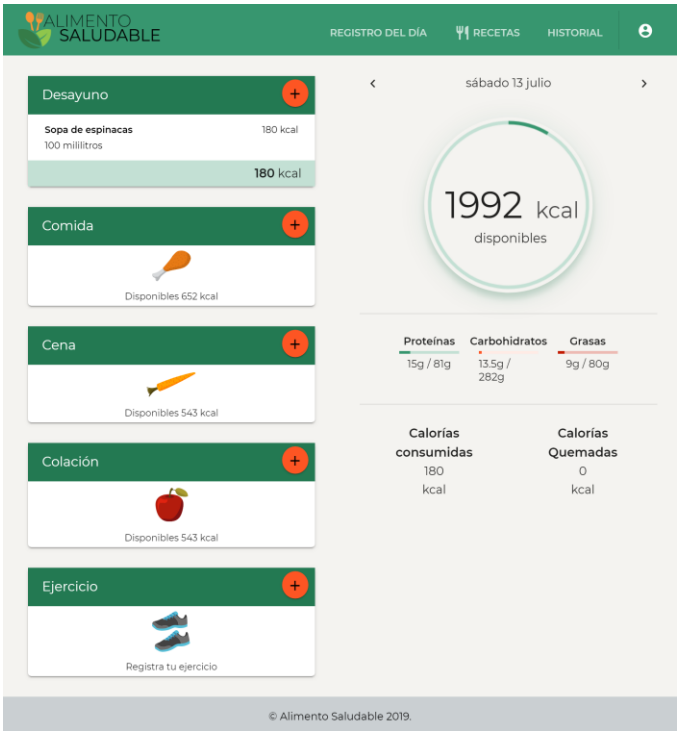


Figura 4 Interfaz 1 del módulo de seguimiento calórico. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5 se muestra el registro de una receta como parte del desayuno. Al seleccionar la receta sopa de espinacas se muestran las cantidades de macronutrientes: fibra 3g, azúcares 1g y colesterol 0g; así como la cantidad de calorías por porción, en este

caso 180 kcal. La visualización de la información nutricional y las calorías consumidas cambia en función de la unidad de medida y la cantidad consumida. Al pulsar en aceptar, se agrega este nuevo registro en la app.

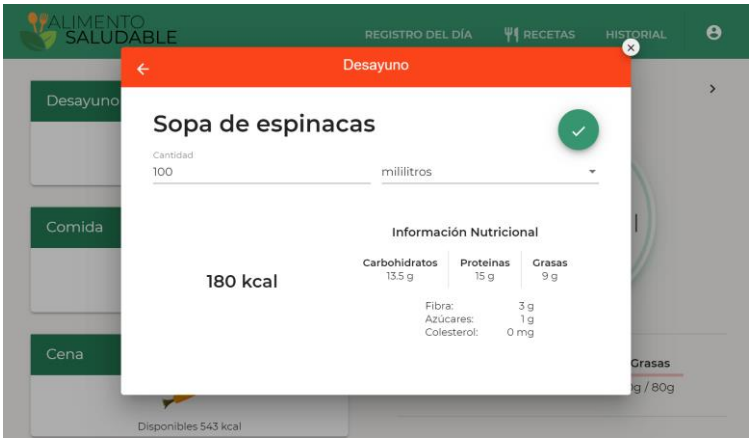


Figura 5 Interfaz del módulo de selección de recetas de cocina. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6 muestra la sección del historial calórico del paciente a través de una gráfica de barras con datos de una semana, donde cada barra representa las calorías consumidas por día. En color rojo se marca un exceso en el consumo de calorías durante su correspondiente día. El paciente puede escoger una semana a mostrar, con el navegador de rango de fecha (15jul - 21jul), para observar la gráfica correspondiente.

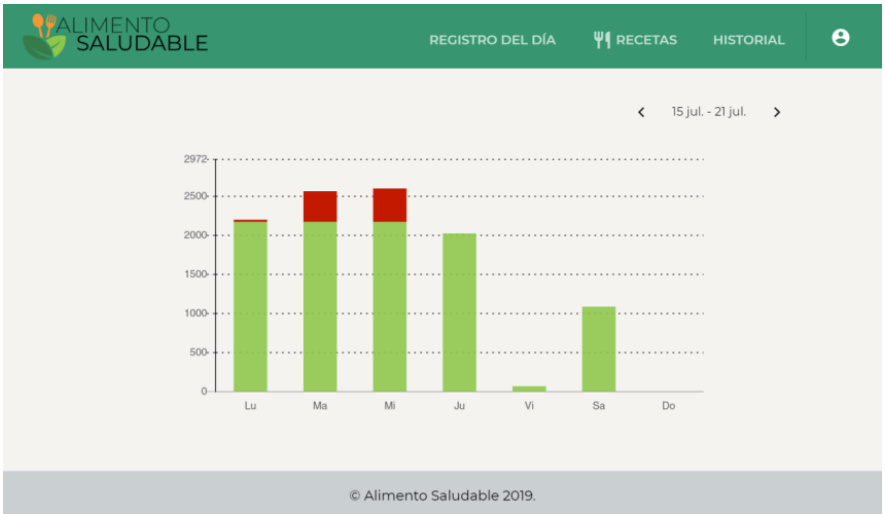


Figura 6 Interfaz 2 del módulo de seguimiento calórico. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7 muestra el funcionamiento para el registro de una actividad física. Se ha seleccionado caminata lenta (3km/h) y se muestra la cantidad de calorías estimadas que ha gastado el paciente al realizar esa actividad. El paciente debe seleccionar una unidad de tiempo y la frecuencia de esa unidad, indicando así su duración. La visualización de las calorías gastadas cambia en relación a la cantidad de tiempo ingresado. Al pulsar en aceptar, se agrega este registro en la app.



Figura 7 Interfaz del módulo selección de actividad física. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8 muestra un ejemplo de una receta de cocina. Una receta de cocina está compuesta por: el título, una foto representativa, cantidad de calorías por porción, ingredientes, modo de preparación e información nutricional. Se pretende que cada una de estas recetas sea especialmente diseñada para el consumo de un paciente diabético por especialistas en nutrición. Los ingredientes y la preparación se muestran en forma de lista, así como la información nutricional organizada en una tabla para una lectura sencilla.

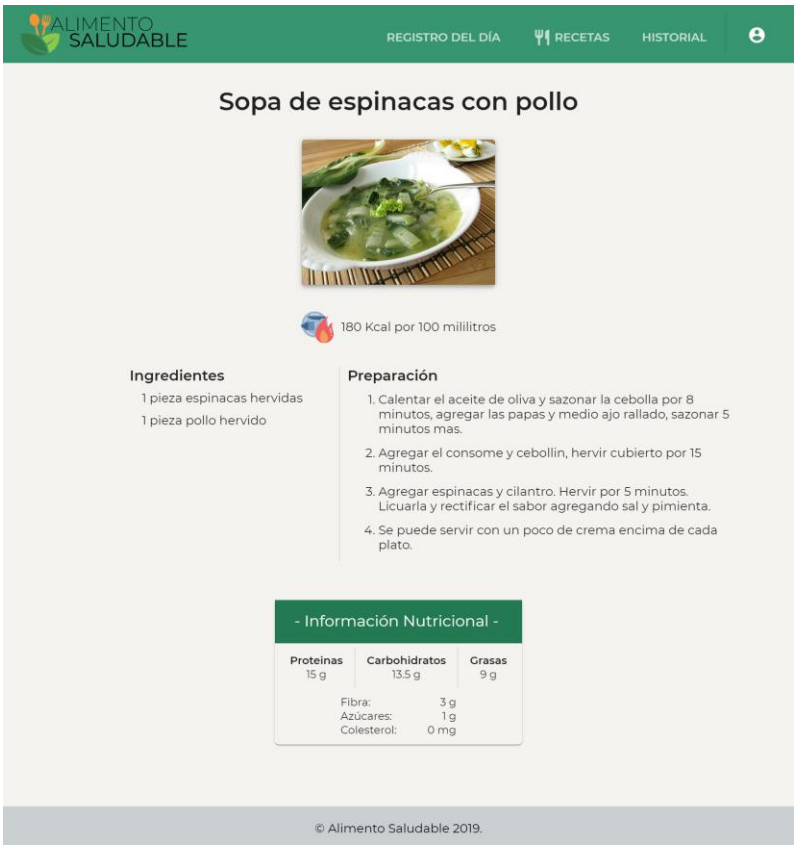


Figura 8 Interfaz de una receta de cocina. Fuente: Elaboración propia.

7. Análisis de resultados

Alimento saludable está enfocada a un público particular, pacientes con diabetes; donde un grupo de nutriólogos estarán gestionando las recetas de cocina que sean aptas para estos pacientes. Con la investigación realizada actualmente, en México no hay una app similar. Esta app recomienda al paciente alimentos adecuados a su condición, a partir de un antojo, el cual se manifiesta a través de la selección de uno, dos o tres ingredientes. También, ayuda al paciente a dar seguimiento a su consumo calórico registrando las calorías consumidas y las calorías gastadas a partir del registro de una actividad física. Para dar seguimiento al consumo calórico, el paciente debe establecer un perfil con los parámetros necesarios. Este perfil debe definirse en base a la valoración médica y nutricia individual para evitar iatrogenias derivadas de un abordaje nutricio erróneo.

Los trabajos relacionados que presentamos en la sección 2 están enfocados al público en general; mientras que *Alimento Saludable* está enfocado a pacientes con diabetes. Por ejemplo, que los usuarios registren recetas de cocina o que tengan interacción entre ellos para apoyarse en el control del peso, a través de compartir recursos mediáticos. Ambas funcionalidades, las consideramos no convenientes para pacientes con diabetes porque ellos deben tener un estricto seguimiento de la alimentación; alimentación que debe ser sugerida por nutriólogos especialistas. Aunque algunos trabajos relacionados tienen una funcionalidad para buscar recetas de cocina, esta funcionalidad está limitada a buscar por palabras clave en el título de la receta, lo cual reduce la cantidad de recomendaciones de recetas ya que la búsqueda no se realiza sobre el contenido de la receta, en particular los ingredientes.

Sin embargo, encontramos que algunas funcionalidades de *Alimento saludable* son similares a las de los trabajos relacionados. Por ejemplo, la forma de calcular las calorías sugeridas, la forma de actualizar las calorías durante el día, así como el considerar a la actividad física como un parámetro para el gasto de calorías.

El desarrollo de *Alimento saludable* está basado en las mejores prácticas de desarrollo; además se empleó software de libre distribución. La app tiene elementos gráficos que facilitan el acceso a las funcionalidades, con un diseño agradable y *responsive*, lo cual proporciona al paciente una sensación de fluidez cuando consulta la app lo mismo en una PC que en una laptop o que en un *smartphone.* Los trabajos relacionados no tienen la característica *responsive*, en su lugar, proponen una app cliente nativa que funciona únicamente en los tipos de dispositivos para los cuales fue diseñada.

Por lo antes expuesto, la hipótesis planteada en esta investigación: *es posible desarrollar una app que recomiende a pacientes con diabetes alimentos adecuados a su condición y le ayude a dar seguimiento a su consumo calórico para potencialmente mejorar su calidad de vida* es válida. Sin embargo, es necesario realizar pruebas de uso para afirmar que *Alimento saludable* potencialmente mejora su calidad de vida.

8. Conclusiones

En este artículo se presentó la app *Alimento saludable*, cuyas funcionalidades principales son la gestión de recomendaciones de recetas de cocina, la gestión del consumo calórico y la gestión del perfil.

La gestión de recomendaciones involucra una búsqueda, a partir de uno, dos o tres ingredientes seleccionados por un paciente; luego la app proporciona una lista de recetas que contienen esos ingredientes; finalmente, el paciente selecciona una receta y las porciones que consumió o que consumirá.

La gestión del consumo calórico realiza una serie de cálculos para determinar entre otros parámetros: la cantidad de calorías y macronutrientes recomendados, la cantidad de calorías y macronutrientes que ha consumido durante el día y el gasto calórico por actividad física. Así, *Alimento saludable* permite que el paciente tenga un mejor seguimiento sobre la cantidad de calorías y macronutrientes consumidos en el día a día. De esta manera, el paciente cuenta con un historial calórico que puede visualizar de manera semanal, a través de gráficos de barras.

La gestión del perfil permite crear, modificar, eliminar y consultar datos fundamentales para el módulo gestor del consumo calórico: edad, altura, peso, género y nivel de actividad física.

Alimento saludable fue desarrollada con base al Proceso Unificado. La arquitectura de la app está orientada a servicios RESTful. La GUI de la aplicación es *responsive* para ofrecer al usuario una sensación de fluidez cuando acceda a la app mediante un navegador, desde cualquier dispositivo PC, laptop o smartphone. La tecnología empleada en el proceso de desarrollo incluye: *Java*, *Hibernate*, *MySQL* y *Angular*, todas ellas de libre distribución.

Alimento Saludable se presenta como una herramienta útil en la vida diaria de los pacientes con diabetes, ofreciendo recetas de cocina que le permitan conseguir buenos hábitos alimenticios debido a que serán sugeridas por nutriólogos. También permitirle dar seguimiento a su consumo calórico porque registra la información nutricional, el gasto calórico por actividad física y muestra componentes gráficos de fácil interpretación con las diferencias entre su consumo y su gasto, para así potencialmente conseguir un estilo de vida más saludable.

En el corto plazo, la app *Alimento saludable* se extenderá con una funcionalidad para gestionar las recetas de cocina, por parte de nutriólogos. En el mediano plazo se realizarán pruebas con nutriólogos para alimentar la base de datos con recetas de cocina aptas para diabéticos y posteriormente ponerlo a disposición en una etapa de pruebas a pacientes con diabetes. Es importante mencionar que la aplicación no sustituye la consulta médica ni nutricional. En el largo plazo se extenderá con una funcionalidad para vincular parámetros que se obtengan de manera automática desde dispositivos inteligentes, como, por ejemplo, el contador de pasos, para obtener una medición más precisa del gasto calórico.

9. Referencias

[1] Secretaría de Salud de México (2017). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016.*
[2] Organización Panamericana de la salud / Organización Mundial de la salud (2020). *Día Mundial de la Diabetes.*
[3] National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (2018). *Síntomas y causas de la diabetes.*
[4] Organización Mundial de la Salud (2018). *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud.*
[5] Hans-W. Gellersen y Martin Gaedke (1999), "Object-oriented web application development", *IEEE Internet Computing*, vol. 3, January/February 1999, pp.60-68. DOI:

https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/4236.747323
[6] Mohemad, Rosmayati & Kamaruddin, S.Z. & Maizura, Noor. (2018). "Web-based decision support system for dietary meal plan recommendation", *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 15th December 2018. vol. 96, pp. 7864-7875.
[7] MyFitnessPal Inc (2020), My Fitness Pal, [Online].
Disponible: https://www.myfitnesspal.com
[8] FitNow Inc (2020), Lose It!, [Online]. Disponible: https://www.loseit.com/
[9] Larman, C. (2003). *UML y patrones*. Pearson Educación.
[10] npm inc. (2020). *Bcrypt.*
[11] Auth0® Inc. (2020) *JSON Web Tokens.*
[12] Mark D Muffin, Sachiko TSt Jeor, Lisa A Hill, Barbara J Scott, Sandra A Daugherty, and Young O Koh (1990), "A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals", *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 51, Issue 2, February 1990, Pages 241–247. DOI: https://doi.org/10.1093/ajcn/51.2.241
[13] GottaSport (2019), *Harris Benedict formula for women and men.*
[14] OMS (2020), *Datos y cifras: 10 Datos sobre la obesidad.*
[15] Fernández, Lourdes Carrillo. "Dieta y diabetes", *Diabetes Práctica*, 2013, vol. 2, no 5, p. 16-21.
[16] Jette, M.; Sidney, K.; Blümchen, G. "Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity". *Clinical cardiology*, 1990, vol. 13, no 8, p. 555-565.
[17] Microsoft Windows (2020). *Caracteristicas de Windows 10.*
[18] Oracle Corporation (2020). *Informacion sobre Java 8.*
[19] Oracle Corporation (2020). *NetBeans IDE 8.2 Download.*
[20] The Apache Software Foundation (2020). *Apache Maven Project.*
[21] Hibernate (2020). *Hibernate ORM 5.4 series.*
[22] Oracle Corporation (2020). *MySQL Workbench.*
[23] Oracle Corporation (2020). *MySQL.*
[24] Eclipse Foundation, Inc. (2020). *Jersey.*
[25]The MapStruct authors (2019). *MapStruct.*
[26] Google (2019). *Angular.*
[27] Microsoft (2020). *Visual Studio Code.*
[28] Microsoft (2020). *TypeScript.*
[29] Google (2020). *Angular Material.*
[30] Software in the Public Interest (2020). *Debian.*
[31] The Apache Software Foundation (2020). *Apache Tomcat.*
[32] OpenJS Foundation (2020). *Node.js.*
[33] Google (2020). *Angular CLI.*