

# Planificación, análisis y diseño de un recomendador móvil sensible al contexto de anuncios publicitarios

**Lenin Erazo Garzón**  
lerazo@uazuay.edu.ec

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática. Universidad del Azuay.  
Cuenca, Ecuador

## Resumen

En la actualidad la mayoría de sistemas de recomendaciones no consideran la información contextual, siendo inapropiados para funcionar en dispositivos móviles, esto puede observarse en el ámbito de la difusión de anuncios publicitarios, donde los usuarios se ven abrumados por la excesiva información de carácter general que reciben, provocando insatisfacción generalizada en su uso. En este trabajo se desarrolla la planificación, análisis y diseño de un recomendador móvil para difundir anuncios publicitarios relevantes con la ubicación, momento y necesidad actual del usuario. Mediante una metodología adaptada y conformada por actividades de gestión de proyectos (PMBOK), de ingeniería de software (Métrica V3) y de construcción de ontologías (NeOn) se obtuvo el plan de la dirección del proyecto, la especificación de requerimientos y el diseño detallado de una solución tecnológica que integra un modelo ontológico, tecnologías semánticas y un algoritmo de aprendizaje automático de filtrado colaborativo basado en memoria, consistiendo en una potente estrategia de recomendación sensible al contexto.

**Palabras clave:** anuncio publicitario, aprendizaje automático, computación ubicua, ontología, sensibilidad al contexto.

## Abstract

Currently, most recommendation systems do not consider contextual information, being inappropriate to work on mobile devices, this can be observed in the field of advertising, where users are overwhelmed by the excessive information of a general character that they receive, causing widespread dissatisfaction with their use. In this work, a mobile recommender is planned, analyzed and designed to disseminate relevant advertisements with the user's current location, time and need. Through a methodology adapted and made up of activities of project management (PMBOK), software engineering (Metrics V3) and ontology construction (NeOn), the project management plan, the specification of requirements and the detailed design of a technological solution that integrates an ontological model, semantic technologies and a machine learning algorithm of memory based collaborative filtering were obtained, consisting of a powerful strategy of context-aware recommendation.

**Keywords:** advertisement, machine learning, ubiquitous computation, ontology, context-aware.

## Introducción

Según datos estadísticos de la reconocida firma analista Gartner, entre el año 2015 y 2016 las ventas mundiales de teléfonos inteligentes se incrementaron en un 5% (Gartner, 2017), mientras que para el año 2017, aunque en menor proporción, se incrementaron en un 2,8% (Gartner, 2018), esto demuestra una adopción mayoritaria por parte de la sociedad hacia los dispositivos móviles como herramientas para apoyar un sinnúmero de actividades, indistintamente del momento y lugar. En consecuencia, tal como lo había presagiado Weiser (1991) en su artículo titulado "El ordenador del siglo XXI", la computación ubicua está cada vez más presente en la sociedad, cuyo propósito es integrar y adaptar los dispositivos inteligentes al entorno humano, de tal forma que no se perciban como objetos diferenciados y funcionen de manera tan natural, sin siquiera darnos cuenta de su presencia, en procura de incrementar el bienestar de las personas.

La computación ubicua tiene como principal desafío incorporar la información del contexto a las aplicaciones, para en base a este conocimiento, de ser necesario adaptar su comportamiento, y proporcionar información y/o servicios relevantes con la situación actual, a fin de enriquecer la experiencia de los usuarios (Dey, 2000).

En la actualidad la mayoría de sistemas de recomendaciones operan con dos dimensiones (usuario x ítem) considerando únicamente la información del usuario y de los ítems a recomendar, siendo este tipo de sistemas inapropiados para funcionar en dispositivos móviles, donde la información contextual puede ser un factor importante al momento decidir si una recomendación es relevante. Frente a esta problemática, aunque de forma incipiente, han surgido los sistemas de recomendaciones sensibles al contexto, por sus siglas en inglés CARS, que proponen un modelo multidimensional (usuario x ítem x contexto), incorporando la información contex-

tual en el proceso de recomendaciones (Rodríguez-Hernández y Ilarri, 2014). Particularmente, en el ámbito de la difusión de anuncios publicitarios a través de medios digitales (portales web, redes sociales, aplicaciones móviles, etc.) los usuarios se ven abrumados por la excesiva información de carácter general que reciben, provocando una insatisfacción generalizada en su uso.

Desde una visión más técnica, el modelado del conocimiento contextual es uno de los retos en el desarrollo de software, ya que los métodos y herramientas tradicionales carecen de formalidad, escalabilidad, expresividad y semántica, siendo necesario promover la utilización de métodos alternativos como los modelos ontológicos y los algoritmos de aprendizaje automático, ya que son considerados como los más idóneos para representar el contexto, incluso se recomienda una solución híbrida entre estos (Moore, Hu, Campbell, y Ratcliffe, 2007).

En este sentido, el presente artículo describe el proceso de planificación, análisis y diseño de un recomendador móvil de anuncios publicitarios que incorpora como componente fundamental la información contextual, de tal forma que les permita a las organizaciones anunciantes sugerir publicidad personalizada y relevante con la localización, tiempo y necesidad actual de los usuarios (ciudadanos).

Para alcanzar este propósito en la sección 2 se incluye una descripción del marco teórico y la base tecnológica relacionada con el presente trabajo. En la sección 3 se define la metodología propuesta para la construcción del recomendador móvil. En la sección 4 se describe las actividades y resultados más importantes obtenidos durante la ejecución de las fases de planificación, análisis y diseño del software. Finalmente, la sección 5 recoge las principales conclusiones del estudio, así como las líneas de trabajo futuro.

## Base tecnológica

En esta sección se presenta una breve revisión de los fundamentos teóricos y ejes tecnológicos relacionados con el presente trabajo de investigación.

### Computación sensible al contexto

Según Dey (2000) se puede definir al contexto como: "Cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad puede ser una persona, un lugar o un objeto que es considerado relevante para la interacción entre el usuario y la aplicación misma". Ahora bien, una definición bastante completa de computación sensible al contexto es la de Dey y Abowd (1999) que lo describe como: "un sistema que utiliza la información del contexto para proveer información o servicios relevantes al usuario, donde la relevancia depende de la actividad del usuario".

### Modelos ontológicos para representar el contexto

Según Studer, Benjamins, y Fensel (1998) una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida. Formal, establece la capacidad de ser procesada por programas informáticos. Explícita, indica que los conceptos y restricciones que se utilizan son definidos explícitamente. Conceptualización, representa un modelo abstracto de un fenómeno del mundo real que incluye sus conceptos relevantes. Compartida, significa que representa conocimientos consensuados y aceptados por un grupo de personas.

Entre los principales modelos ontológicos para representar contexto que se pueden encontrar en la literatura científica, se tienen: COBRA-ONT (Chen, Finin, y Joshi, 2003), SOUPA (Chen, Perich, Finin, y Joshi, 2004), CONON

(Wang, Zhang, Gu, y Pung, 2004), mIO! (Poveda-Villalón, Suárez-Figueroa, y García-Castro, 2010) y CACOnt (Xu, Zhang, Yang, Zhang, y Xing, 2013). Estos modelos en su mayoría representan dimensiones contextuales comunes, tales como: perfil del usuario, localización, tiempo, dispositivos localizados en el entorno del usuario, actividades asociadas al usuario, necesidades del usuario, servicios disponibles y condiciones físicas del ambiente (temperatura, humedad, ruido); a su vez, reutilizan otras ontologías ampliamente consensuadas y utilizadas por la comunidad para representar en detalle cada una de las dimensiones del contexto, permitiendo además personalizar el modelo dentro de un dominio específico.

En este sentido, la ontología FOAF (Brickley y Miller, 2014) que describe la identidad y perfil de las personas, y la ontología OWL-Time (W3C, 2017) que representan las propiedades temporales de las entidades, han sido ampliamente reutilizadas por los modelos ontológicos de contexto antes citados. Por otro lado, con base en el estudio realizado se debe destacar la ontología WGS84 Geo Positioning (W3C Semantic Web Interest Group, 2009), que teniendo una estructura simple, incluye todos los conceptos y relaciones necesarias para representar la localización de las entidades con características espaciales.

### Tecnologías semánticas

Las herramientas informáticas que se han estudiado y seleccionado para la construcción, almacenamiento y manipulación de la ontología de representación de los anuncios publicitarios y del contexto, son las siguientes:

- *RDF (Resource Description Framework)*, *RDF Schema* y *OWL (Web Ontology Language)*, son lenguajes para construir ontologías que representen con precisión el conocimiento de un

dominio de interés, siendo factible compartir y procesar sus recursos por computadores, sin perder su semántica.

- *SPARQL*, es un lenguaje estandarizado de consulta y mantenimiento de tripletas RDF mediante la especificación de patrones.
- *GeoSPARQL*, es una extensión del *framework* SPARQL que define un vocabulario para el almacenamiento y consulta de información geoespacial en RDF.
- *Apache Jena*, es un *framework* de código abierto para JAVA que proporciona clases y métodos para consultar o modificar datos en ontologías construidas bajo RDF u OWL.
- *Fuseki*, es un servidor de SPARQL que permite almacenar, mantener y consultar los datos de una ontología mediante solicitudes HTTP de tipo REST.

### Aprendizaje automático de filtrado colaborativo basado en memoria

- Desde el punto de vista del aprendizaje automático los sistemas de recomendaciones pueden clasificarse en: basados en contenido (*content-based*), filtrado colaborativo (*collaborative filtering*) e híbridos. Los algoritmos de filtrado colaborativo superan varias de las limitaciones de los basados en contenido, tales como: la carencia de información para caracterizar y recomendar un ítem o la sobre especialización al momento de recomendar (Desrosiers y Karypis, 2015). Estos algoritmos de filtrado colaborativo se basan en recomendar ítems nuevos que han sido calificados favorablemente por personas con gustos y preferencias similares al usuario activo (Castellano, 2007). Un tipo de algoritmos de filtrado colaborativo son los basados en memoria que utilizan técnicas estadísticas, como el coeficiente de correlación de Pearson para identificar

vecinos (usuarios similares) con un historial de calificaciones semejante al usuario actual y combinar sus preferencias para encontrar los ítems más recomendables para el usuario activo (Desrosiers y Karypis, 2015).

Para la incorporación de la información contextual a los algoritmos de aprendizaje automático existen tres paradigmas: pre-filtrado, post-filtrado y modelación contextual (Adomavicius y Tuzhilin, 2015). El enfoque de pre-filtrado es el más recomendable, ya que filtra primeramente la información en base al contexto, a fin de reducir la cantidad de información a procesar por parte del algoritmo de filtrado colaborativo basado en memoria.

### **Sistemas de Recomendación sensibles al contexto de anuncios publicitarios**

Los trabajos investigación existentes en la literatura científica relacionados con la incorporación del conocimiento contextual al proceso de recomendación de los anuncios publicitarios, principalmente se han enfocado en los dominios de la televisión interactiva (iTV) y la publicidad contextual en la web (Kim y Kang, 2013; De Paiva, Costa, Silva, y França, 2013). Estos trabajos han construido soluciones de recomendación utilizando técnicas de aprendizaje automático o tecnologías semánticas basadas en ontologías de forma aislada; de ahí la relevancia del presente trabajo de investigación de construir una solución híbrida que explote y combine estos dos enfoques.

En el dominio de las aplicaciones móviles se puede destacar el trabajo de Kim, Ahn, y Jeong (2010), en el cual se propone un sistema de recomendación sensible al contexto de anuncios publicitarios basado en un algoritmo de filtrado colaborativo modificado (aprendizaje automático), que incluye las dimensiones contextuales:

localización, tiempo y tipo de necesidad del usuario. La principal limitación de este trabajo es que se basa únicamente en la información cuantitativa, sin considerar características deseables en la representación de la información contextual como: semántica y extensibilidad, las cuales pueden ser alcanzadas mediante un enfoque basado en ontologías.

### **Metodología**

La estrategia metodológica propuesta para el desarrollo del recomendador móvil incluye un marco de trabajo disciplinado, ágil y formal, conformado por: i) actividades de gestión de proyectos – PMBOK (Project Management Institute, 2013) transversales a todas las fases del desarrollo de software para una adecuada planificación, dirección y control del mismo; ii) actividades de ingeniería de software seleccionadas y adaptadas de la Métrica V3 (Ministerio de Administraciones Públicas de España, 2015) en función de su pertinencia con las características particulares del presente proyecto; y iii) actividades relacionadas con la especificación de requerimientos, modelado y construcción de la ontología de representación de anuncios publicitarios y de la información contextual, tomadas de la metodología NeOn (Suarez-Figueroa, 2013).

La metodología planteada tiene un enfoque orientado a objetos, por lo que se utilizarán varias de las técnicas y artefactos contemplados en UML 2.0. Además, contempla un proceso de desarrollo de software dirigido por casos de uso, donde una vez realizada la especificación de requisitos en la fase de análisis, serán la fuente para desarrollar una serie de actividades posteriores, tales como: el diseño del software, la formulación de la estrategia de evaluación del

software, entre otras. La metodología está encaminada en describir la arquitectura del recomendador móvil desde diferentes vistas (estática y dinámica), incluyendo los aspectos más significativos del software a construir.

El presente artículo tiene como alcance describir las fases de planificación, análisis y diseño del recomendador móvil, excluyéndose para un trabajo futuro las fases de construcción, pruebas, implantación y aceptación del software.

La descripción completa de la metodología de desarrollo, así como de todos los productos generados en las fases de planificación, análisis y diseño se encuentra disponible en la dirección URL: <https://goo.gl/W2e4FU>. Adicionalmente, se incluye un glosario detallado con las principales terminologías utilizadas en este artículo.

## Resultados

En esta sección se describen las actividades realizadas y los productos más importantes obtenidos de las fases de planificación, análisis y diseño del recomendador móvil sensible al contexto de anuncios publicitarios.

### Planificación del proyecto de software

El objetivo de esta fase fue elaborar el plan de la dirección del proyecto para el desarrollo del recomendador móvil, abarcando actividades iniciales de definición de las necesidades de negocio, objetivos, alcance y requisitos de alto nivel del proyecto, hasta proporcionar una orientación estratégica que incluya: la definición de la estructura orgánica y funcional del proyecto, la identificación de las actividades y entregables (EDT/WBS), la estimación temporal (GANTT, PERT) y el

análisis de riesgos del proyecto. Al ser una fase netamente relacionada con la gestión de proyectos se utilizó como base el PMBOK, tomando en consideración los procesos de planificación de las áreas de conocimiento de alcance, recursos humanos, tiempo y riesgos.

### Definición del alcance del proyecto

El proyecto tiene como alcance el desarrollo de un recomendador móvil de anuncios publicitarios de puntos de interés (POI), productos y/o servicios, que incorpore el contexto como elemento fundamental del proceso de recomendación. Las dimensiones de contexto a considerar son: localización, tiempo (día: ordinario, fin de semana; horario: por la mañana, medio día, tarde, noche) y tipo de necesidad del usuario (alimentación, deporte, diversión, etc.). El recomendador móvil estará conformado por dos módulos:

1. Aplicación web, utilizada por las organizaciones anunciantes para la gestión de la información relacionada con el dominio de los anuncios publicitarios.
2. Aplicación móvil, utilizada por el ciudadano para recibir las recomendaciones de los anuncios publicitarios que sean relevantes con su contexto actual.

En la tabla 1 se presentan los requisitos de alto nivel asociados a cada uno de los módulos del recomendador móvil, los cuales serán implementados mediante una solución informática innovadora que combine tecnologías semánticas para la construcción y manipulación de la ontología, y un algoritmo de aprendizaje automático de filtrado colaborativo basados en memoria.

## REQUISITOS DE ALTO NIVEL DEL RECOMENDADOR MÓVIL

Requisito Funcional	Prioridad
<b>APLICACIÓN WEB</b>	
Gestión de categorías de organizaciones anunciantes.	ALTA
Gestión de organizaciones anunciantes.	ALTA
Gestión de localidades o puntos de interés (POI).	ALTA
Gestión de productos o servicios.	ALTA
Gestión de tipos de necesidades.	ALTA
Gestión de anuncios publicitarios.	ALTA
Reportes estadísticos sobre el nivel de satisfacción de los anuncios publicitarios.	MEDIA
<b>APLICACIÓN MÓVIL</b>	
Registro de usuarios (ciudadanos).	ALTA
Gestión de preferencias del usuario sobre los anuncios publicitarios.	ALTA
Gestión de parámetros de configuración de la aplicación móvil.	MEDIA
Recomendación de anuncios publicitarios según las preferencias preestablecidas de los usuarios (localización, día de la semana, horario y tipo de necesidad).	ALTA
Recomendación de nuevos anuncios publicitarios que han sido calificados satisfactoriamente por parte de otros usuarios similares al usuario activo.	ALTA
Consulta de anuncios publicitarios en base a una palabra clave o frase ingresada explícitamente por el usuario.	MEDIA
Calificación de un anuncio publicitario por parte del usuario.	ALTA

**Tabla 1.** Requisitos de alto nivel del recomendador móvil

**Fuente:** Elaboración propia

### Análisis del software

En esta fase se elaboró una especificación detallada de los requisitos funcionales y no funcionales del recomendador móvil. Los requisitos funcionales fueron agrupados en casos de uso para facilitar su comprensión. Además, se incluyeron actividades relacionadas con la construcción de la ontología. Finalmente, se definieron las herramientas tecnológicas para el desarrollo y operación del recomendador móvil.

### Actores del recomendador móvil

Los actores pueden ser personas, dispositivos o servicios que interactúan con el software. En la tabla 2 se presenta la descripción de los actores del recomendador móvil.

### Casos de uso del recomendador móvil

Los casos de uso dan una perspectiva del alcance y funcionamiento del recomendador móvil desde el punto de vista de sus actores. En las figuras 1 y 2 se muestran los casos de uso de la aplicación web y móvil, respectivamente.

Los casos de uso fueron descritos de forma extendida mediante una plantilla que incluye: código, nombre, descripción, pre-condiciones, post-condiciones, actores que participan, flujo normal y alternativo, importancia y observaciones del caso de uso. En este artículo se aborda únicamente la descripción de los casos de uso relacionados con el proceso de recomendación de anuncios publicitarios según el contexto del usuario, mientras que la documentación de los

## ACTORES DEL RECOMENDADOR MÓVIL

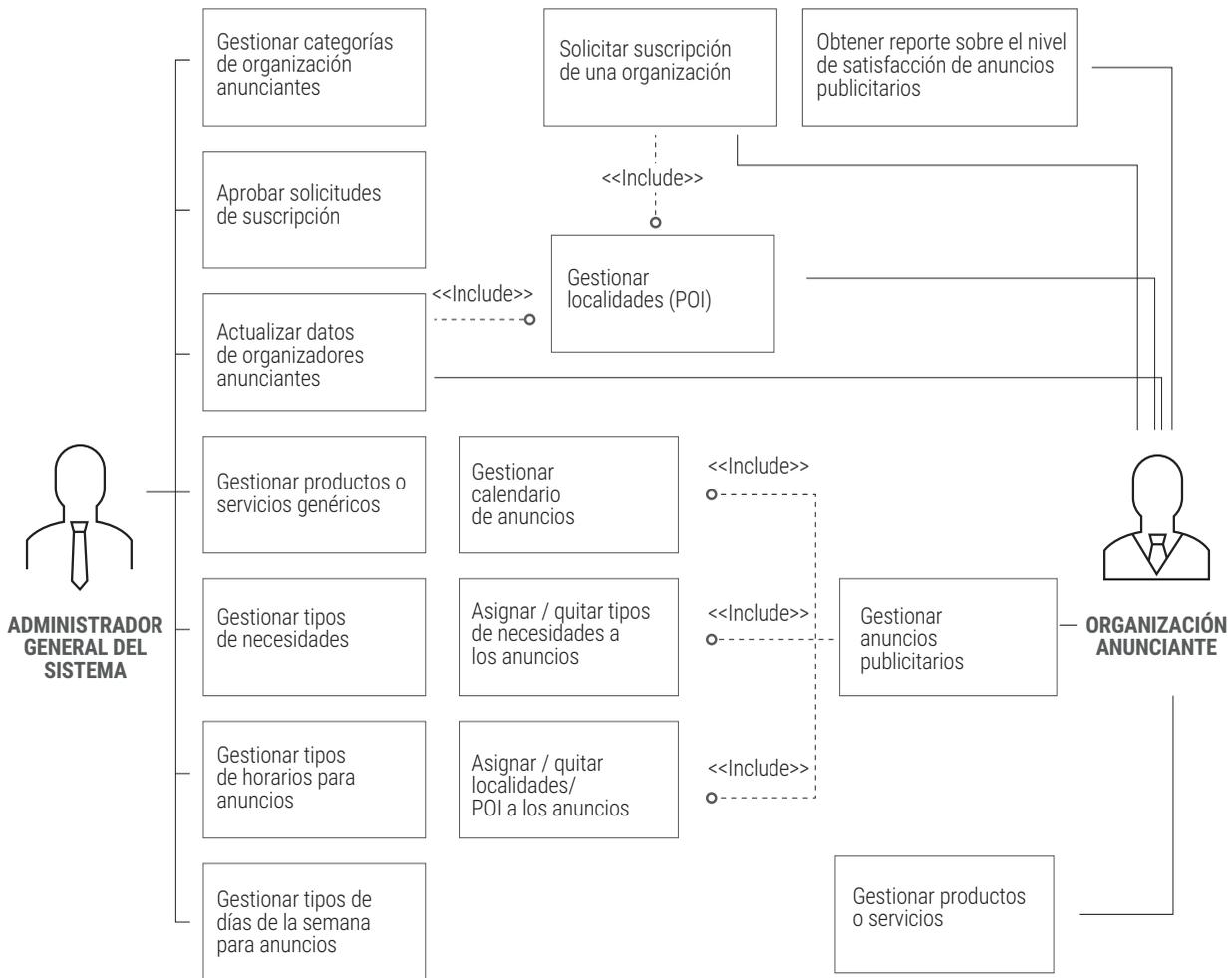
Actor	Descripción
Administrador general del sistema	Persona responsable de la administración de los datos y parámetros básicos necesarios para el funcionamiento del sistema.
Organización anunciante	Empresa o institución anunciante que gestiona sus anuncios publicitarios.
Ciudadano	Persona que utiliza la aplicación móvil para recibir recomendaciones de anuncios publicitarios relevantes con su contexto.
Sensor GPS	Dispositivo para determinar la ubicación del usuario en toda la tierra.

**Tabla 2.** Actores del recomendador móvil.

**Fuente:** Elaboración propia

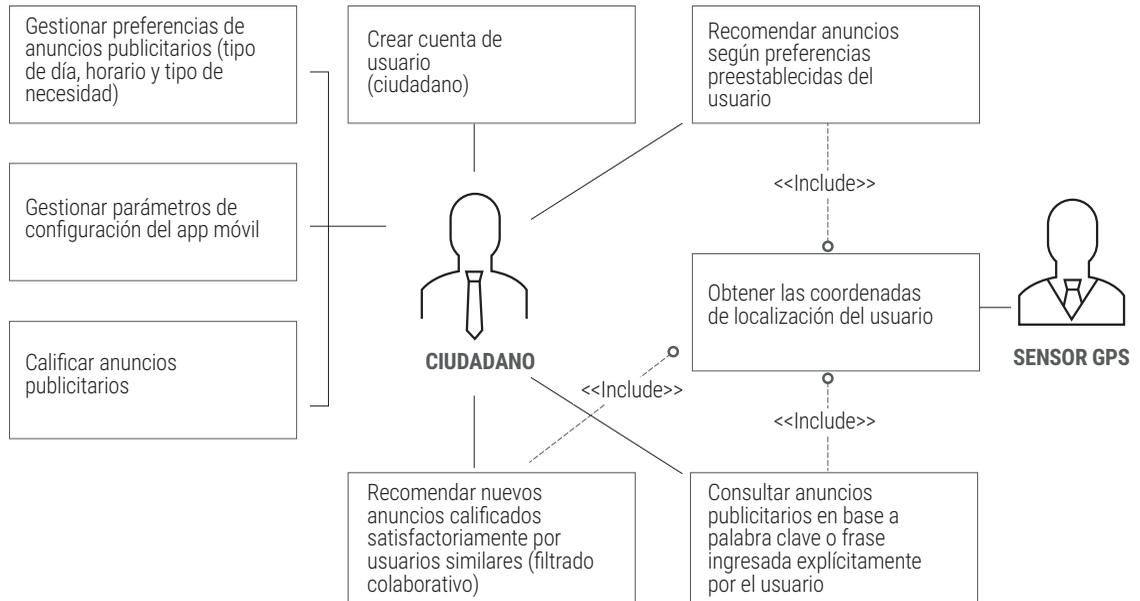
restantes casos de uso se encuentra disponible en la dirección URL indicada con anterioridad. Los casos de uso a describir son:

1. Recomendar anuncios según preferencias preestablecidas del usuario, aplicando consultas SPARQL y GeoSPARQL a la ontología (ver tabla 3).
2. Recomendar nuevos anuncios calificados satisfactoriamente por usuarios similares, aplicando un algoritmo de aprendizaje automático de filtrado colaborativo basado en memoria; y, consultas SPARQL y GeoSPARQL a la ontología. (ver tabla 4).



**Figura 1.** Diagrama de casos de uso de la aplicación web

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 2.** Diagrama de casos de uso de la aplicación móvil

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Identificador</b>	CU-26
<b>Nombre</b>	Recomendar anuncios según preferencias preestablecidas del usuario.
<b>Descripción</b>	Describe el proceso para obtener y visualizar en la app móvil un listado de recomendaciones de anuncios publicitados que hacen referencia a localidades (POI) que están dentro de la distancia máxima de búsqueda con relación a la ubicación actual del usuario, así como también que satisfacen los tipos de necesidades preestablecidos por el usuario para el día de la semana (ordinario o fin de semana) y horario (mañana, medio día, tarde, noche, etc.) en el que se encuentra actualmente el usuario.
<b>Actores</b>	Ciudadano.

### Secuencia Normal

Paso	Acción
1	La app móvil obtiene las coordenadas GPS del usuario activo.
2	El sistema ejecuta una consulta GeoSPARQL para obtener del triplestore (almacén de tripletes de la ontología) las localidades (POI) que están dentro de la distancia máxima de búsqueda.
3	Si no existen localidades como resultado, continúa en la secuencia alternativa 1
4	El sistema determina el tipo de día de la semana y horario en el que se encuentra actualmente el usuario. Por ejemplo: si es día ordinario o fin de semana, y si está dentro del rango de la mañana 08h00-12h00, medio día 12h00 – 15h00, u otro.
5	El sistema ejecuta una consulta SPARQL para obtener del triplestore los anuncios publicitarios que cumplan con las siguientes condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que hagan referencia a las localidades (POI) previamente obtenidas.</li> <li>• Que su difusión programada coincida con el tipo de día y horario en el que se encuentra actualmente el usuario.</li> <li>• Que satisfagan los tipos de necesidades preestablecidos por el usuario para el tipo de día y horario en el que se encuentra.</li> </ul>
6	Si no existen anuncios publicitarios como resultado, continúa en la secuencia alternativa 1.
7	La app móvil formatea y presenta los anuncios publicitarios ordenados de mayor a menor según el promedio de calificaciones de los usuarios. La información a presentar es: nombre de la organización anunciante, mensaje del anuncio publicitario, nombre y dirección de la localidad, calificación promedio del anuncio en caso de existir, icono "Me gusta" para calificar el anuncio.
8	El usuario puede presionar en el anuncio para obtener mayor información (teléfono, correo electrónico, etc.) y un mapa para visualizar la ubicación de la localidad (POI).

### Secuencia alternativa 1

Paso	Acción
1	La app móvil presenta el mensaje: "No existen anuncios publicitarios".

**Tabla 3.** Caso de uso recomendar anuncios según preferencias preestablecidas del usuario

**Fuente:** Elaboración propia

<b>Identificador</b>	CU-27
<b>Nombre</b>	Recomendar nuevos anuncios calificados satisfactoriamente por usuarios similares.
<b>Descripción</b>	Describe el proceso para obtener y visualizar en la app móvil un listado de nuevos anuncios publicitarios (que están fuera de la experiencia del usuario activo), los cuales han sido calificados satisfactoriamente por usuarios similares al usuario activo.
<b>Actores</b>	Ciudadano.

### Secuencia Normal

Paso	Acción
1	La app móvil obtiene las coordenadas GPS del usuario activo.
2	El sistema ejecuta una consulta GeoSPARQL para obtener del triplestore (almacén de tripletas de la ontología) las localidades (POI) que están dentro de la distancia máxima de búsqueda.
3	Si no existen localidades como resultado, continúa en la secuencia alternativa 1.
4	El sistema determina el tipo de día de la semana y horario en el que se encuentra actualmente el usuario activo.
5	El sistema obtiene todas las calificaciones " $r_a$ " realizadas por el usuario activo "a" sobre anuncios que cumplan con los siguientes criterios (aplicación de un enfoque de pre-filtrado): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que hagan referencia a las localidades (POI) previamente obtenidas.</li> <li>• Que su difusión programada coincida con el tipo de día y horario en el que se encuentra el usuario activo.</li> </ul>
6	Si no existen calificaciones como resultado del paso anterior, continúa en la secuencia alternativa 1.
7	El sistema identifica otros usuarios "u" que hayan calificado todos los anuncios publicitarios puntuados por el usuario activo "a", bajo los mismos criterios del punto 5. Al conjunto de todas las calificaciones de un usuario "u", se le denominará " $r_u$ ".
8	Si no se han identificado otros usuarios "u" como resultado del paso anterior, continúa en la secuencia alternativa 1.
9	El sistema calcula el grado de similitud entre el usuario activo "a" y cada uno de los usuarios encontrados "u", mediante la fórmula del coeficiente de correlación de Pearson: $w_{a,u} = \frac{\sum_i (r_{a,i} - \bar{r}_a)(r_{u,i} - \bar{r}_u)}{\sqrt{\sum_i (r_{a,i} - \bar{r}_a)^2 \sum_i (r_{u,i} - \bar{r}_u)^2}}$ <p>donde <math>w_{a,u}</math>, es el grado de similitud entre el usuario activo "a" y otro usuario "u"; e "i" es un anuncio publicitario en el que los dos usuarios tiene calificaciones.</p>
10	El sistema selecciona el vecindario, es decir el conjunto de usuarios con un grado de similitud mayor a un umbral determinado.
11	Si no existen usuarios que superen el umbral, continúa en la secuencia alternativa 1.

12	<p>El sistema obtiene un conjunto de anuncios publicitarios calificados por usuarios del vecindario pero que no han sido calificados por el usuario activo. Además, los anuncios deben cumplir los siguientes criterios (aplicación de un enfoque de pre-filtrado):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que hagan referencia a las localidades (POI) previamente obtenidas.</li> <li>• Que su difusión programada coincida con el tipo de día y horario en el que se encuentra el usuario activo.</li> </ul>
13	Si no existen anuncios publicitarios como resultado del paso anterior, continúa en la secuencia alternativa 1.
14	<p>El sistema predice el nivel de satisfacción esperada del usuario activo "a" para cada anuncio publicitario sin calificar "i", mediante la fórmula:</p> $p_{a,i} = \bar{r}_a + \frac{\sum_u (r_{u,i} - \bar{r}_u) * w_{a,u}}{\sum_u w_{a,u}}$
15	La app móvil presenta el listado de anuncios publicitarios en pantalla, ordenados de mayor a menor según el nivel de satisfacción esperada. La información a presentar es: nombre de la organización anunciante, mensaje del anuncio publicitario, nombre y dirección de la localidad, calificación promedio del anuncio en caso de existir, icono "Me gusta" para calificar el anuncio.
16	El usuario puede presionar en el anuncio para obtener mayor información (dirección, teléfono, correo electrónico, etc.) y un mapa para visualizar la ubicación de la localidad (POI).

#### Secuencia alternativa 1

Paso	Acción
1	La app móvil presenta el mensaje: "No existen anuncios publicitarios".

**Tabla 4.** Caso de uso recomendar nuevos anuncios calificados satisfactoriamente por usuarios similares.

**Fuente:** Elaboración propia

### Construcción de la ontología

Para la construcción de la ontología de representación del dominio de anuncios publicitarios y del contexto en el que se deben recomendar, se utilizó las guías propuestas por la metodología NeOn (Suarez-Figueroa, 2013), específicamente el escenario seis: reusando, fusionando y ejecutando reingeniería de recursos ontológicos. El proceso de construcción de la ontología se divide en tres etapas:

1. Especificación de los requerimientos de la ontología: Se formuló un conjunto de preguntas en lenguaje natural que la ontología debe ser capaz de responder. A partir de estas preguntas mediante sencillas técnicas heurísticas de extracción de terminología se identificaron los conceptos que la ontología debe representar, mismos que se describen en la tabla 5.

## CONCEPTOS INCLUIDOS EN LA ONTOLOGÍA PROPUESTA

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
Ciudadano (Persona)	Caracteriza la identidad y perfil de las personas que reciben recomendaciones de anuncios publicitarios.
Organización anunciante	Representa a las empresas o instituciones que difunden sus productos o servicios a través de anuncios publicitarios.
Producto-servicio	Describe los productos o servicios que son difundidos mediante anuncios publicitarios por parte de las organizaciones anunciantes.
Punto de interés (Lugares)	Describe la ubicación de una localidad o punto de interés a través de coordenadas geográficas (longitud y latitud), así como también mediante representación simbólica (dirección).
Anuncio publicitario	Representa los anuncios de publicidad que son recomendados a los ciudadanos por parte de las organizaciones anunciantes.
Horario	Entidad temporal que describe los tipos de día de la semana y horarios en el que se difunden los anuncios publicitarios.
Preferencia	Entidad temporal que modela las necesidades cambiantes de los ciudadanos en el tiempo. Por ejemplo, al medio día necesidad de alimentación, por la noche preferencia por la diversión, etc.
Necesidad	Representa la tipología de necesidades que los ciudadanos demandan y que los anuncios publicitarios deben satisfacer.
Día de la semana	Representa los siete días de la semana (lunes, martes, etc.)
Tipo de día de la semana	Representa una clasificación de los días de la semana. Por ejemplo: día ordinario (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes), día de fin de semana (sábado y domingo), etc.
Tipo de horario	Representa una tipología de horarios. Por ejemplo: por la mañana (07h00 -12h00), medio día (12h00 – 14h00), etc.

**Tabla 5.** Conceptos incluidos en la ontología propuesta

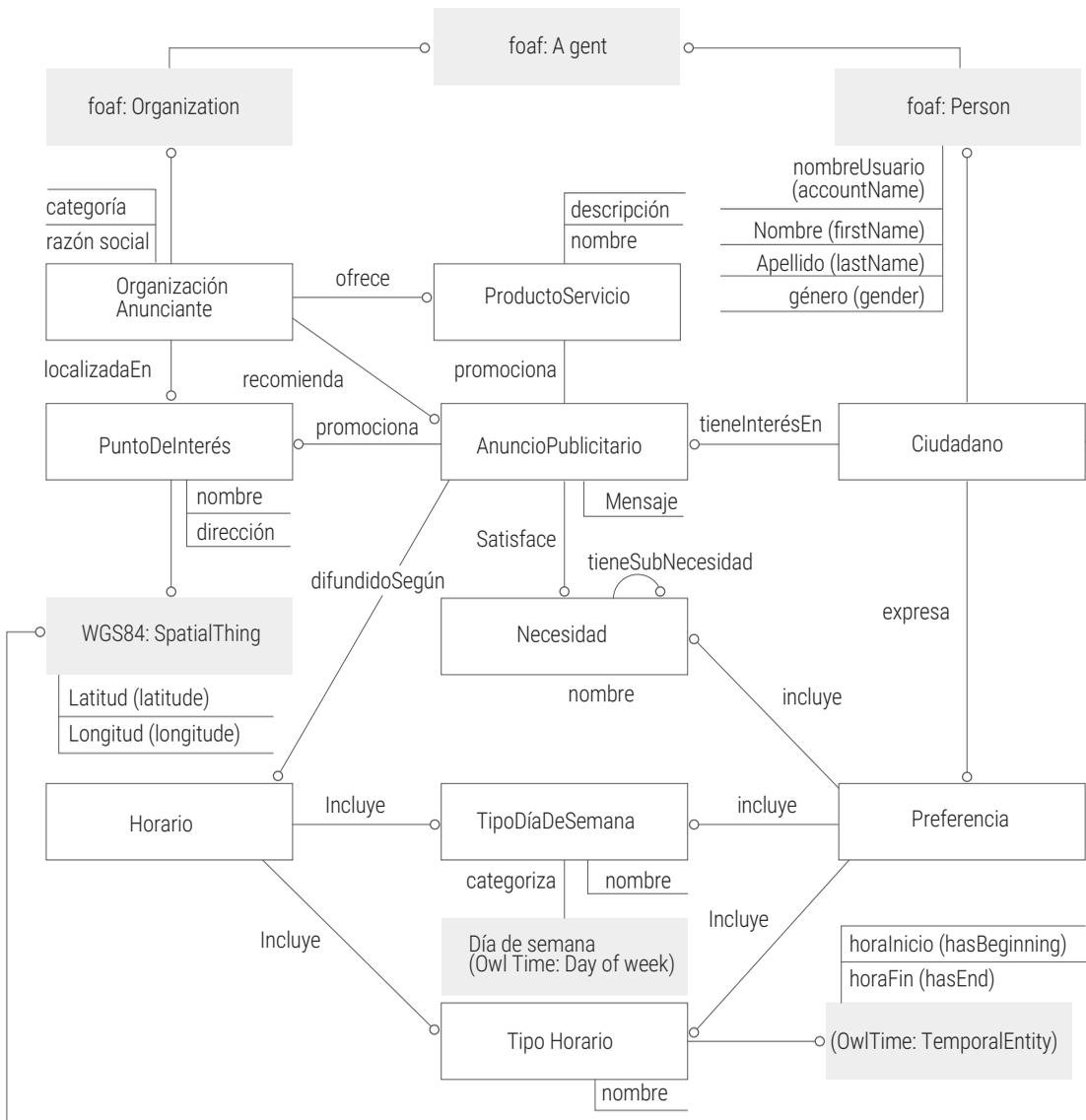
**Fuente:** Elaboración propia

2. Modelado de la ontología: Fue necesario la ejecución de actividades de búsqueda y selección de recursos ontológicos que representen los conceptos descritos en la tabla 5; y, que sean ampliamente consensuados y utilizados por la

comunidad. Posteriormente se realizaron actividades de fusión y reingeniería de los recursos seleccionados, de tal manera que se adapten a las necesidades particulares del dominio de estudio. Como resultado de este proceso se reuti-

lizaron las ontologías FOAF, OWL-Time y WGS84 Geo Positioning. En la figura 3 se presenta el metamodelo resultante de la ontología de contexto para recomendar anuncios publicitarios.

3. Evaluación de la ontología: Se aplicaron consultas SPARQL y GeoSPARQL para demostrar que la ontología es capaz de dar respuesta a las preguntas de competencia formuladas en la especificación de requerimientos de la ontología.



**Figura 3.** Metamodelo de contexto para recomendar anuncios publicitarios

**Fuente:** Elaboración propia

### Definición de las herramientas tecnológicas

Las herramientas tecnológicas a utilizar para el desarrollo y operación tanto de la aplicación web como móvil han sido definidas en función de los requerimientos funcionales y no funcionales identificados. Un requerimiento no

funcional importante a destacar es que la aplicación móvil debe funcionar en dispositivos con sistema operativo tanto Android como iOS. En la tabla 6 se listan las herramientas a utilizar por tipo de software, varias de las cuales fueron descritas en la sección base tecnológica de este artículo.

Tipo de software	Producto
Herramientas de desarrollo	Aplicación web: IDE Netbeans 8.2, Framework Apache Jena. Aplicación móvil: IDE Android Studio 3.0.1, Xcode 10 Apple Developer, API de Google Maps.
Lenguaje de programación	Aplicación web: Java, Javascript, AJAX, HTML5, CSS. Aplicación móvil: Java (Android), Swift (iOS)
Lenguajes de consulta de la ontología	SPARQL y GeoSPARQL
Lenguajes de construcción de la ontología	RDF, RDFS y OWL
Servidor web y de aplicaciones.	Sistema operativo: Linux Centos 7. Servidor de aplicaciones Java EE: GlassFish 4.1 o superior.
Servidor de base de datos relacional	Sistema operativo: Linux Centos 7. Sistema de Gestión de Base de Datos: MariaDB 10.1.21 o superior
Servidor para el almacenamiento y administración de la ontología	Sistema operativo: Linux Centos 7. Servidor SPARQL: Apache Jena Fuseki 2
Sistema operativo cliente	Aplicación web: Indistinto Aplicación móvil: Android y iOS
Navegador web	Firefox, Google Chrome, Internet Explorer, Safari

**Tabla 6.** Herramientas tecnológicas para el desarrollo y operación del software

**Fuente:** Elaboración propia

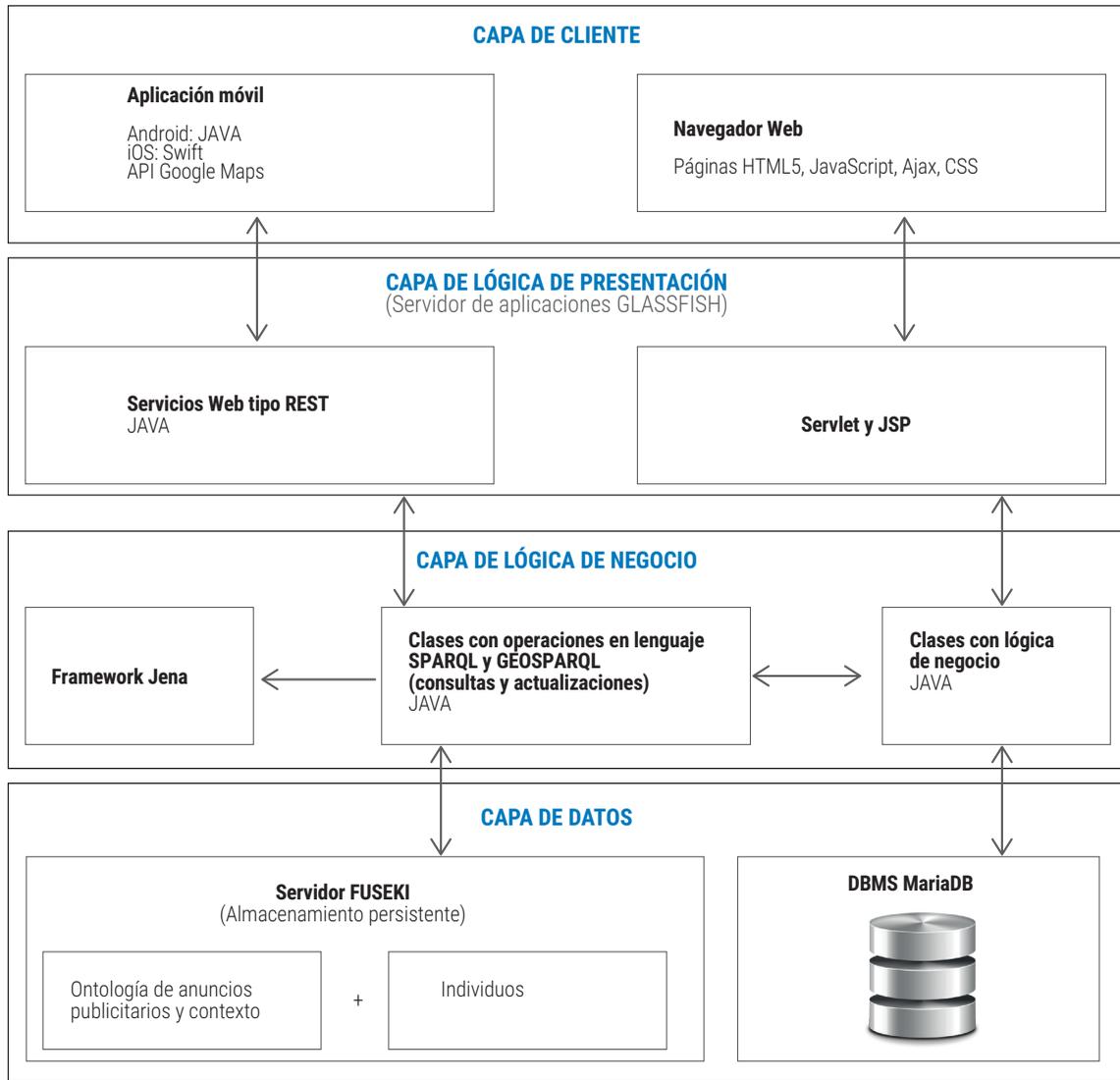
## Diseño del software

En esta fase se ejecutaron actividades tendientes a definir la arquitectura del recomendador móvil y describir el entorno tecnológico que le dará soporte, es decir se identificaron los componentes que lo conforman y los flujos de comunicación entre estos. Luego se realizó el diseño de la base de datos (modelo entidad – relación), la elaboración del diccionario de datos y el diseño orientado a objetos mediante la utilización de modelos estáticos (diagramas de clase) que describen la estructura estática del sistema y modelos dinámicos (diagramas de secuencia) que muestran las interacciones dinámicas entre los objetos del sistema. Finalmente, se abordó el diseño de la interfaz de usuario de la aplicación web y móvil. En esta subsección, se describe la arquitectura y el diseño de la interfaz de usuario del recomendador móvil, mientras que los restantes productos de esta fase están disponibles en la dirección URL citada al final de sección *Metodología*.

### Diseño arquitectónico del recomendador móvil

El recomendador móvil tendrá una arquitectura (ver figura 4) a cuatro capas:

1. Cliente: Incluye la aplicación resultante será devuelta en el formato estándar de intercambio de datos JSON a través del protocolo HTTP. Otro componente que incluye esta capa es el navegador web en el que se despliegan las páginas de la aplicación web en formato HTML5, con las cuales interactúa el usuario para enviar las solicitudes al servidor de aplicaciones mediante el protocolo HTTP. Las páginas web podrán contener código JavaScript, Ajax y hojas de estilo CSS. Las principales operaciones de la capa de cliente son: validaciones de formato de los datos de entrada y la preparación de la información resultante para presentarla al usuario.



**Figura 4.** Diseño arquitectónico del recomendador móvil  
**Fuente:** Elaboración propia

2. Lógica de presentación: Incluye un conjunto de servicio web de tipo REST construidos en Java, que servirán de enlace entre la capa de cliente (aplicación móvil) y la capa de negocio. A su vez, los servicios web se encargarán de instanciar y ejecutar en un orden determinado las clases Java de la capa de negocio. Con relación a la aplicación web, esta capa incluye componentes Java EE, tales como: Java Servlet y JSP que preparan en formato HTML5 la información proveniente de la capa de negocio, para su posterior envío a la capa de cliente (navegador web).

3. Lógica de negocio: Contiene un conjunto de clases en Java, responsables de implementar las funciones del negocio; y, de consultar y mantener los datos tanto del triplestore de la ontología como de la base de datos relacional. Para manipular los datos del triplestore de la ontología, en las clases Java se incluirán operaciones en lenguaje SPARQL y GeoSPARQL, y por intermedio de las clases del Framework Apache Jena se enviarán al servidor Fuseki para su ejecución, utilizando el protocolo SPARQL sobre HTTP. El servidor Fuseki devolverá los resultados en formato JSON, los cuales a su vez serán enviados a la capa de lógica de presentación.

4. Datos: Esta capa incluye la base de datos relacional (MariaDB) y el triplestore (Fuseki) para el almacenamiento en modo persistente de la ontología y sus individuos.

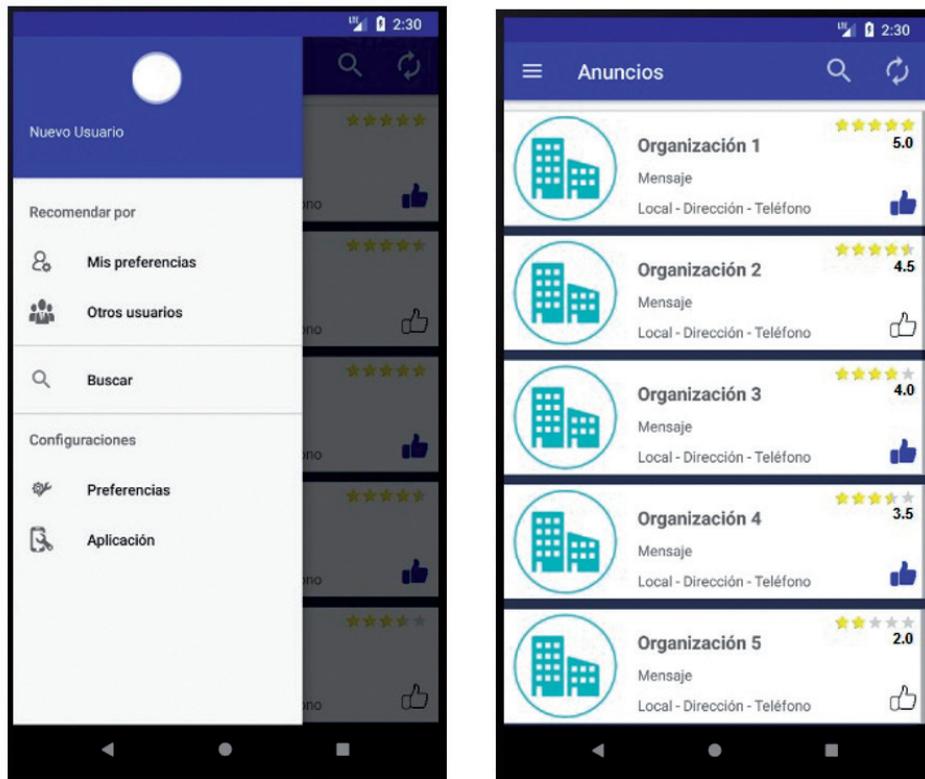
### **Diseño de la interfaz de usuario del recomendador móvil**

La interfaz de usuario fue diseñada con un enfoque centrado en el usuario, es decir teniendo en consideración que el grupo de usuarios a interactuar con el sistema serán empleados de las organizaciones anunciantes y ciudadanos en general, con conocimientos y experiencia muy

variada en el uso de las tecnologías de información, razón por la cual la interfaz de usuario debe ser de fácil uso, amigable, intuitiva y basada en estándares, de manera que un usuario con conocimientos básicos pueda familiarizarse rápidamente. La arquitectura de información a usar será jerárquica, debido a que asocia la organización con la navegación, teniendo un orden que es fácilmente identificable por el usuario. A su vez, el sistema propuesto tendrá una combinación de navegación global, local y contextual. En las figuras 5 y 6 se presentan ejemplos de prototipos de la interfaz de usuario de la aplicación móvil y web, respectivamente.

### **Conclusiones y trabajo futuro**

La estrategia metodológica empleada en el presente trabajo conformada por: i) actividades de gestión de proyectos (PMBOK); ii) actividades de ingeniería de software seleccionadas y adaptadas de la Métrica V3; y, iii) actividades para la construcción de la ontología tomadas de la metodología NeOn; han permitido obtener un conjunto de productos que describen en forma completa, precisa y consistente la solución tecnológica propuesta para el recomendador móvil sensible al contexto de anuncios publicitarios.



**Figura 5.** Prototipos de la aplicación móvil  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 6.** Prototipo de la aplicación web  
**Fuente:** Elaboración propia

La principal contribución del trabajo ha sido proporcionar el plan de la dirección del proyecto, la especificación de requerimientos y el diseño detallado de una solución que integra tecnologías semánticas basadas en ontologías con un algoritmo de aprendizaje automático de filtrado colaborativo basado en memoria, consistiendo en una potente estrategia de recomendación sensible al contexto.

Es así que mediante la aplicación de consultas SPARQL y GeoSPARQL a la ontología, se establecen criterios de búsqueda contextuales por ubicación, tiempo y necesidades del usuario, permitiendo filtrar los anuncios publicitarios que son relevantes con el contexto actual del usuario. A esto se ha integrado un algoritmo de aprendizaje automático de filtrado colaborativo basado en memoria con capacidad de recomendar anuncios que están fuera de la experiencia del usuario activo y que han sido calificados favorablemente por otros usuarios con preferencias similares. Previo a la ejecución de este algoritmo se ha diseñado un enfoque de pre-filtrado utilizando la ontología, a fin de reducir la cantidad de información a procesar. El problema del arranque en frío del algoritmo de aprendizaje

automático por la falta de calificaciones iniciales, ha sido solucionado mediante el enfoque de recomendación según las preferencias preestablecidas del usuario, permitiendo la entrega de recomendaciones iniciales a los usuarios para su calificación.

Como trabajo futuro se ejecutarán las fases de construcción, pruebas, implantación y aceptación del software, siguiendo el plan de la dirección del proyecto, la especificación de requerimientos y el diseño detallado del software. Estas actividades permitirán validar y perfeccionar la solución planteada. A su vez, se tiene previsto robustecer la estructura conceptual de la ontología e implementar un razonador para inferir nuevo conocimiento a partir de las tripletas existentes; y, de un conjunto de restricciones o axiomas establecidos en el modelo ontológico. Un desafío pendiente que debe ser cubierto por futuras investigaciones es la necesidad de construir sistemas de recomendación sensibles al contexto lo suficientemente flexibles para implementarse en diferentes dominios e incorporar una mayor cantidad de dimensiones contextuales.

## Referencias bibliográficas

- Adomavicius, G., y Tuzhilin, A. (2015). "Context-Aware Recommender Systems". En *Recommender systems handbook*, Springer, Boston, MA, 217-253.
- Brickley, D., y Miller, L. (2014). *FOAF vocabulary specification 0.99*. Recuperado de <http://xmlns.com/foaf/spec/>.
- Castellano, E. (2007). *Evaluación del uso de algoritmos colaborativos para orientar académicamente al alumno en bachillerato*. Memoria investigadora de Doctorado. Jaén: Universidad de Jaén.
- Chen, H., Finin, T., y Joshi, A. (2003). "An ontology for context-aware pervasive computing environments". *The Knowledge Engineering Review*, 18(3), pp. 197-207.
- Chen, H., Perich, F., Finin, T., y Joshi, A. (2004). "SOUPA: Standard ontology for ubiquitous and pervasive applications". In *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services*, IEEE, Boston, USA, pp. 258-267.

- De Paiva, F. A., Costa, J. A., Silva, C. R., y França, R. S. (2013). "Arquitetura de um Sistema de Recomendação Baseado em Ontologia para Anúncios de Carros". En *ONTOBRAS*, pp. 173-178.
- Desrosiers, C., y Karypis, G. (2015). *A Comprehensive Survey of Neighborhood-based Recommendation Methods. Recommender systems handbook*. Springer, Boston, MA, 107-144.
- Dey, A. (2000). *Providing architectural support for building context-aware applications*. Tesis (Doctoral), Georgia: Georgia Institute of Technology.
- Dey, A., y Abowd, G. (1999). "Towards a better understanding of context and context-awareness". In *International symposium on handheld and ubiquitous computing*, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 304-307.
- Gartner. (2017). *Gartner Says Worldwide Sales of Smartphones Grew 7 Percent in the Fourth Quarter of 2016*. Recuperado de <https://www.gartner.com/newsroom/id/3609817>
- Gartner. (2018). *Gartner Says Worldwide Sales of Smartphones Recorded First Ever Decline During the Fourth Quarter of 2017*. Recuperado de <https://www.gartner.com/newsroom/id/3859963>.
- Kim, J., Ahn, H., y Jeong, S. (2010). "Context-aware recommender systems using data mining techniques". In *Proceedings of world academy of science, engineering and technology*, pp. 357-362.
- Kim, J., y Kang, S. (2013). "An ontology-based personalized target advertisement system on interactive TV". *Journal of Multimedia tools and applications*, 64(3), 517-534.
- Ministerio de Administraciones Públicas de España (2015). *Metodología Métrica Versión 3*. Recuperado de [https://administracionelectronica.gob.es/pae/Home/pae\\_Documentacion.html](https://administracionelectronica.gob.es/pae/Home/pae_Documentacion.html)
- Moore, P., Hu, B. Z., Campbell, W., y Ratcliffe, M. (2007). "A survey of context modeling for pervasive cooperative learning". In *Information Technologies and Applications in Education, ISITAE '07*, IEEE, Kunming, China, k5-1 - k5-6.
- Poveda-Villalón, M., Suárez-Figueroa, M. C., y García-Castro, R. (2010). "A context ontology for mobile environments". In *Workshop on Context, Information and Ontologies - CIAO 2010 Co-located with EKAW 2010*, Lisbon, Portugal.
- Project Management Institute. (2013). *Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. Newtown square: GlobalStandard.
- Rodríguez-Hernández, M. d., y Ilarri, S. (2014). "Towards a context-aware mobile recommendation architecture". In *International Conference on Mobile Web and Information Systems, MobiWIS (2014)*, Springer, Cham, pp. 56-70.
- Studer, R., Benjamins, V., y Fensel, D. (1998). "Knowledge engineering: principles and methods". *Data and Knowledge Engineering*, 25(1-2), 161-197.
- Suarez-Figueroa, M. (2013). *NeOn Methodology for Building Ontology Networks: Specification, Scheduling and Reuse*. Dissertations in Artificial Intelligence. IOS Press.
- W3C. (2017). *Time Ontology in OWL*. Recuperado de <https://www.w3.org/TR/owl-time/>
- W3C Semantic Web Interest Group. (2009). *Basic Geo (WGS84 lat/long) vocabulary*. Recuperado de <https://www.w3.org/2003/01/geo/>
- Wang, X., Zhang, D., Gu, T., y Pung, H. (2004). "Ontology based context modeling and reasoning using OWL". In *Pervasive Computing and Communications Workshops*, Orlando: IEEE, pp. 18-22.
- Weiser, M. (1991). "The Computer for the 21st Century". *Scientific American*, 94-100.
- Xu, N., Zhang, W., Yang, H., Zhang, X., y Xing, X. (2013). "CACOnt: A ontology-based model for context modeling and reasoning". In *Applied Mechanics and Materials*, pp. 2304-2310.