Aplicación móvil de comunicación directa para el departamento de protección civil de la UAMRR-UAT

Direct communication mobile application for the UAMRR-UAT civil protection department

Borjas Torres, A.G.[1], Rodríguez Rodríguez, A.J.[1], Vargas Requena, D.T.[1], Martínez Rodríguez, J.L.[1], Huerta Mendoza, J.C.[1], Rodríguez Rodríguez, W.E.[1]

[1]Grupo Disciplinar "Tecnologías Computacionales", Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe-Universidad Autónoma de Tamaulipas
Carretera a San Fernando cruce con canal Rodhe, Colonia Arcoíris, s/n. 88779 Cd. Reynosa, Tamaulipas. México.
[1]angel_borjastorres@outlook.com, [1]arodriguez@docentes.uat.edu.mx, [1]dvargas@docentes.uat.edu.mx, [1]lazaro.martinez@uat.edu.mx , [1]jchuerta@docentes.uat.edu.mx, [1]wrodriguez@docentes.uat.edu.mx

Fecha de recepción: 30 de marzo de 2020
Fecha de aceptación: 30 de junio de 2020

Resumen. El Departamento de Protección Civil (DPC) de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe (UAMRR) - Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) requiere de un medio directo para establecer comunicación con la comunidad universitaria en la realización de simulacros y posibles contingencias. El desarrollo de una aplicación móvil utilizando la tecnología Xamarin representa una estrategia para fortalecer la comunicación entre el DPC y la comunidad de la UAMRR abriendo una línea de contacto rápida (3.12 segundos en promedio), directa, fiable y eficaz gracias a las características propias de los sistemas operativos móviles con la mensajería en forma de notificaciones, las cuales llegan a los usuarios que posean la aplicación instalada. Se aborda esta problemática debido al alto nivel de riesgo que representa que la comunidad estudiantil demore tiempo en ser advertida al momento de que se suscita un incidente (5 minutos en promedio) en el perímetro de la UAMRR.

Palabras Clave: Aplicación móvil, Tecnología Xamarin, Ingeniería de software, Identificaciones de usuarios, Interfaz de programación de aplicaciones.

Summary. The Department of Civil Protection (DPC) of the Reynosa Rodhe Multidisciplinary Academic Unit (UAMRR) - Autonomous University of Tamaulipas (UAT) requires a direct means to establish communication with the university community in the conduct of drills and possible contingencies. The development of a mobile application using Xamarin technology represents a strategy to strengthen communication between the DPC and the UAMRR community by opening a fast contact line (3.12 seconds on average), direct, reliable and effective thanks to the characteristics of mobile operating systems with messaging in the form of notifications, which reach users who have the application installed. This problem is addressed due to the high level of risk that the student community takes time to be warned when an incident occurs (5 minutes on average) in the UAMRR perimeter

Keywords: Mobile application, Xamarin technology, Software engineering, User identifications, Application programming interface.

1 Introducción

La seguridad es un factor prioritario para cualquier sociedad, sin embargo, la posibilidad de sufrir un accidente mientras se realizan las actividades diarias está presente. Debido a esto, diversas organizaciones han diseñado eficientes estrategias para dar respuesta a contingencias e incidentes que pueden presentarse al interior de sus infraestructuras, brindando asistencia médica a las personas involucradas en el evento y evitar en lo posible que terceros ingresen al área de riesgo, poniendo en peligro sus vidas o entorpeciendo el trabajo de servicios médicos (Abad, C., 2017). Algunas estrategias son: planes de evacuación del entorno afectado, cursos de capacitación en primeros auxilios para el personal en casos de emergencia, uso de sistemas tecnológicos que mapean el grado de riesgo que se tienen en ciertas zonas del entorno, uso adecuado de extintores en casos de incendio, entre otras (STCONAPRA, 2017).

Diversos mecanismos de respuesta rápida a incidentes se han desarrollado a nivel internacional para situaciones de emergencia como el *spotbros* para la localización de usuarios (Spotbros, 2012), *SOS Firts Aid* para la toma de decisiones en casos de emergencia (Rodriguez, M., 2019), *SOS 112* para localizar la posición más cercana de un desfibrilador (Rosete, M.J., 2019), *PocketCPR* para conocer los pasos a seguir en caso de una reanimación cardiopulmonar (Stern, M., 2015) y la aplicación *Protección Civil*, realizada por el equipo de desarrollo Tixsoft presentando las herramientas necesarias para dar a conocer potenciales zonas de riesgo (APK.Center, 2019), entre

otras [8-10]. El desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles ha tenido un creciente desarrollo en los últimos años, en México aproximadamente el 72 % de la población de 16 años o más utiliza teléfonos inteligentes (*smartphones*) de acuerdo con un estudio realizado en el año 2019 (Rincón, S., 2019). Instituciones públicas mexicanas como la Cruz Roja Mexicana [12] y el Heroico Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de México (CDMX) [13] han desarrollado aplicaciones para crear conciencia entre los ciudadanos y educar sobre el cómo actuar en los diferentes casos de emergencia que puedan ocurrir en el desarrollo de las tareas diarias.

En Ciudad Reynosa, más específicamente en la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe (UAMRR) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), se carece de una estrategia tecnológica que brinde información rápida y oportuna a la comunidad universitaria (profesores, estudiantes, directivos, personal administrativo y personal de intendencia) sobre incidentes ocurridos en el interior del plantel y en sus inmediaciones. Profesores y estudiantes que participan en la Academia de Sistemas Computacionales de la UAMRR coincidieron en que una de las mayores necesidades de comunicación existentes en la UAMRR es contar con un medio de comunicación directa con el Departamento de Protección Civil (DPC) interno en casos de incidentes suscitados en la unidad o en las inmediaciones de esta. Una opción es poder informar de manera sencilla el tipo de incidente, donde ocurre y que pasos hay que seguir para evitar el pánico. En este proyecto de investigación, se presenta la descripción de una aplicación generada con un enfoque en el desarrollo móvil multiplataforma, considerando las carencias de la comunidad estudiantil en el apartado de seguridad, teniendo como objetivo el facilitar el trabajo del DPC de la UAMRR y agilizar el tiempo de comunicación con la comunidad universitaria para atender la contingencia que se esté presentando. Se aborda esta problemática debido al nivel de riesgo que representa que la comunidad universitaria no sea advertida a tiempo al momento de presentarse un incidente.

La aplicación móvil desarrollada tendrá como objetivo principal que la comunidad universitaria esté advertida en todo momento sobre las notificaciones del DPC de la UAMRR, es decir, alertar sobre alguna contingencia, accidente o incidente que se esté presentando en tiempo real, esto con el fin de apoyar a la brigada de primeros auxilios en cuestión de dar a conocer la ubicación del acontecimiento de una manera más eficaz. Lo anterior se realizará utilizando herramientas tecnológicas que son tendencia como los *smartphones* y las ventajas actuales del desarrollo multiplataforma que otorga Xamarin. Se tiene en cuenta que es una aplicación existente en otras áreas de trabajo, pero se toma el reto con la visión de dotarle de herramientas útiles para los usuarios con el fin de que los administradores generen y reciban información para prevenir que estos incidentes ocurran, gracias a los datos recabados del uso de la aplicación móvil.

2 Fundamentos Teóricos

Xamarin Forms: Entorno de programación que otorga la posibilidad al usuario de programar y compilar aplicaciones que pueden ser ejecutadas en los sistemas operativos (SO) móviles más utilizados del mercado actual. Se tuvieron en cuenta las características de la licencia de uso gratuito que posee el software y la rapidez que otorga al programar para los dos SO móviles más utilizados desde hace unos años a la fecha: iOS y Android (Petzold, C., 2016). Xaramin Forms (Figura 1) consiste en una serie de proyectos diferentes, cada uno para una de las plataformas habilitadas en el entorno, y añade un proyecto extra el cual contiene el código que comparten en común todos los dispositivos.

Figura 1. Módulos de trabajo de Xamarin Forms.

La forma en la que Xamarin trabaja el código compartido es mediante librerías de implementación, que se encargan de transformar las clases del código compartido en objetos reconocidos por las diversas plataformas [17-20].

Fire Cloud Messagin: Servicio de mensajería actual de la empresa Google, parte de la plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y aplicaciones móviles Firebase. Es una solución a la mensajería multiplataforma

la cual permite enviar mensajes de forma segura y gratuita a una serie de diversos dispositivos. El servicio, dentro del sistema, realiza actividades de intermediario, enviando mensajes de notificación a todo aquel dispositivo que se encuentre registrado en su base de datos por medio de tokens únicos otorgados a cada dispositivo (Firebase, 2019).

Microsoft Apps Center: Es un servicio web desarrollado por Microsoft que provee diversas herramientas para los desarrolladores de aplicaciones móviles. Posee opciones diversas de testeo, herramientas varias de compilación, diversos medios de distribución, diagnósticos sobre el rendimiento de las aplicaciones, análisis y métodos para realizar notificaciones móviles (Bravent, 2017). El servicio, dentro del sistema, es el medio de comunicación entre los dispositivos, da aseguramiento al envío de mensajería de acuerdo con las identificaciones de usuarios (ID, por sus siglas en inglés: Identifications) de la base de datos de aplicación registrada.

3 Metodología

3.1. Estrategia diseñada

Se llevaron a cabo dos entrevistas y una serie de visitas a la persona responsable del DPC de la UAMRR. La primera entrevista fue para conocer con detalle sobre la problemática, el objetivo principal, los objetivos funcionales y no funcionales (enfoque cualitativo). Las preguntas planteadas fueron:

- *¿Cuál es su nombre completo?*
- *¿Cuál es el cargo que ocupa en la UAMRR-UAT?*
- *¿Cuál es la problemática por la cual requiere de esta aplicación?*
- *¿Cuál es el objetivo principal de esta aplicación?*
- *¿Qué tan seguido (medición por semestre) se presenta una situación de riesgo en la UAMRR-UAT?*
- *¿Cuál es el tiempo promedio en el cual el DPC se entera de una problemática de este tipo?*
- *¿Cuánto suele tardar en avisar el DPC a la comunidad universitaria y al personal calificado de esta problemática?*
- *¿Qué tan seguido se realizan simulacros en la UAMRR-UAT?*
- *¿Cuál es el tiempo promedio que tardan en expandir la información sobre simulacros a toda la UAMRR-UAT?*
- *¿Posee otro tipo de métricos o registros sobre los eventos ocurridos durante un semestre?*
- *¿Qué otros métricos se utilizan en el DPC que pueden ser de utilidad para el análisis de situaciones de riesgos/simulacros que ocurran en un semestre?*
- *¿Qué espera conseguir con esta aplicación?*

De esta primera entrevista se estableció que el objetivo principal de la aplicación móvil es que el personal docente, estudiantes y personal administrativo de la UAMRR-UAT tenga conocimiento sobre los números telefónicos de emergencia, el significado de los señalamientos con los que cuenta el DPC y que la aplicación alerte en tiempo real a la comunidad universitaria y especialmente al DPC en caso de accidente, incidente o bien una contingencia dentro de la UAMRR-UAT con el fin de apoyar a la brigada de primeros auxilios en cuestión de dar a conocer la ubicación del acontecimiento de una manera eficaz. Se presentan como mínimo 3 accidentes/incidentes por semestre. Por lo general es por padecimientos menores que la comunidad universitaria acude por servicios al DPC. En esta primera entrevista se mencionó también que el tiempo promedio en el cual el DPC se entera de una problemática es de 5 minutos, esto considerando el tiempo que toma avisar a la brigada de primeros auxilios o bien la Secretaría Administrativa avisa mediante llamada telefónica al DPC de la UAMRR. Por lo menos 1 vez al año de realizan simulacros en las instalaciones de la UAMRR-UAT, avisando una semana antes a la comunidad universitaria para su oportuna atención. Se cuenta con un documento llamado *Lista de Cotejo* en el cual se plasma el evento (accidente, primeros auxilios, servicios médicos, etc.) ocurrido dentro de la UAMRR Se utilizan también información de las bridadas (responsables y brigadistas), nombre del profesor, donde localizarlo, así como el nombre del estudiante, carrera, semestre y salón. En la entrevista, la responsable del DPC de la UAMRR-UAT reiteró que la expectativa que tiene de la aplicación es que toda la comunidad universitaria de la UAMRR conozca las actividades y servicios que brinda el DPC así como mantener comunicación en tiempo real para la atención de contingencia.

En la etapa de experimentación para el proceso de diseño de la aplicación fueron consideradas recomendaciones propuestas por profesores integrantes de la Academia de Sistemas Computacionales de la UAMRR especializados en el área de Programación e Ingeniería de Software y en el área de Tratamiento de la Información para conseguir el resultado esperado en cada función, sobre todo en la etapa de conexión a bases de datos y el proceso de

notificaciones móviles. En este período de tiempo se realizaron visitas a la responsable del DPC de la UAMRR-UAT para obtener retroalimentación sobre los avances de la aplicación y valoración del diseño de las interfaces y módulos.

Se plantea la comprobación del funcionamiento de la aplicación mediante pruebas controladas con una población reducida para comprobar el tiempo de demora con el uso de la aplicación (enfoque cuantitativo), estos datos se verán apoyados con la valoración del personal del DPC de la UAMRR en la segunda entrevista para conocer el grado de satisfacción y eficiencia (enfoque cualitativo). Las preguntas hechas en la segunda entrevista fueron:

- *¿Considera que, con el avance actual de la aplicación, que la problemática planteada se verá atendida?*
- *¿Considera que los objetivos principales de la aplicación se ven cubiertos en esta etapa prototipo y por qué?*
- *¿Cree que, con el estado actual del prototipo, la aplicación ayudará a la población estudiantil a sentirse más resguardada por el DPC de la UAMRR-UAT?*
- *¿Considera que, con el avance del prototipo de la aplicación, se verán disminuidos los tiempos de comunicación para la alerta de incidentes en la UAMRR-UAT?*
- *¿Considera oportunos los módulos extra implementados en la aplicación base?*
- *¿Cree que, con el avance del prototipo, sea posible organizar los simulacros suscitados en la UAMRR-UAT de una forma más rápida?*
- *¿Considera de utilidad el uso y visualización de registros de incidentes de la aplicación, como un apoyo para los documentos físicos actuales?*
- *¿Con el avance actual de la aplicación, se encuentra usted satisfecha del avance obtenido y de la visión que se tiene del sistema a mediano y largo plazo?*

En la sección 5. Resultados, se describen las respuestas a esta segunda encuesta.

La razón de utilizar el enfoque mixto recae en que de esta manera se puede utilizar las mejores características y ventajas de los enfoques cuantitativo y cualitativo dando como resultado una visión más amplia del objeto de estudio.

Específicamente, la estrategia para el desarrollo de esta aplicación móvil consiste en [21]:

- Investigar una plataforma de desarrollo que facilite el desarrollo del producto.
- Realizar una interfaz visual amigable de fácil comprensión y poco invasiva para el usuario final.
- Diseñar un método intuitivo y responsivo para el envío de alertas a la comunidad universitaria.
- Diseñar un proceso de registro seguro y fiable.
- Diseñar un método para recolectar los datos generados por la aplicación.
- Instruir los requerimientos funcionales al personal del DPC de la UAMRR.
- Generar ayudas multimedia que faciliten la comprensión del usuario final para con la aplicación móvil.
- Evaluar y probar la aplicación en las fechas pautadas.

3.2 Materiales y métodos

La aplicación tendrá una conexión hacia el servidor virtual externo con código PHP como intermediario de las consultas realizadas; previa conexión al servidor, la aplicación ejecuta el código requerido por el usuario, recibe y procesa los resultados de la consulta programada en la parte del código PHP mostrando los resultados de la consulta en el dispositivo móvil del usuario, esta parte es descartable si se cuenta con un servidor que soporte conexión directa a sus bases de datos o se cuente con un servidor propio configurado con este fin. Para el envío de notificaciones hacia dispositivos móviles con aplicación instalada, se hace uso del tándem de servicios Firebase (Google) para almacenar las ID únicas utilizadas para reconocer equipos con la aplicación instalada y AppCenter (Microsoft) encargada de generar la identificación única y dar seguimiento del envió de las notificaciones, como se observa en la Figura 2.

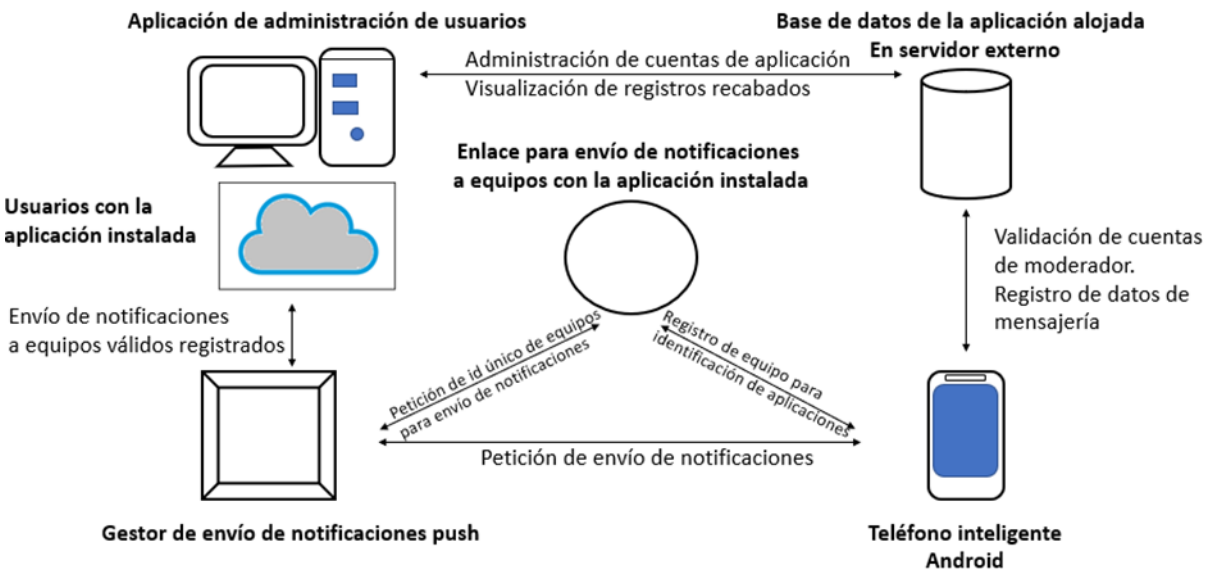

Figura 2. Esquema del funcionamiento lógico del prototipo liberado.

Se utiliza el paquete NuGet Microsoft.AppCenter en su versión 1.12.0 dentro del código de la aplicación para inicializar la aplicación con el servicio de AppCenter y ser reconocida como software confiable por la plataforma, otorgándole una clave única estando enlazadas las ID creadas (almacenadas en Firebase) para cada dispositivo móvil. Se utilizan la interfaz de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés: Application programming interface) propias de los servicios de Firebase para enlazar la base de datos con la plataforma AppCenter, y de la propia AppCenter, como se muestra en el Algoritmo 1, para la comunicación entre un dispositivo móvil y la plataforma como inicialización en el envío de notificaciones.

Algoritmo 1. Snippet desarrollado para construcción y envío de notificaciones al servicio de AppCenter, mediante el uso su API, sacado de Borjas A.G. (2020) *Desarrollo de aplicación móvil para notificación de incidentes, con el uso de la tecnología Xamarin, para el departamento de protección civil de la UAT-UAMRR. UAMRR-UAT.*

```
class NotificationSender
    {
        static string Name, Title, Body;
        public void Notificacion(string name, string title, string body)
        {
            Name = name;
            Title = title;
            Body = body;
            Task.Factory.StartNew(async () =>
            {
             var payload = "{\"notification_target\": null,
             \"notification_content\": {\"name\": \""+ Name +"\",\"title\": \""+
             Title +"\",\"body\": \""+ Body +"\"}}";
             var stringContent = new StringContent(payload,
             System.Text.Encoding.UTF8, "application/json");
             using (var client = new HttpClient())
             {
              client.DefaultRequestHeaders.Add("X-API-Token", "xxxxxxxxxxxxxxx");
             using (var response = await
             client.PostAsync("https://api.appcenter.ms/v0.1/apps/UserName/AppName/
             push/notifications", stringContent)){ }
            }
          });
       }
    }
```

Primeramente, se procede con la asignación de parámetros del método “Notificación” a variables locales. Posteriormente se crea e inicializa una nueva tarea asíncrona (Task.Factory.StartNew(async ()).

Una vez creada la tarea asíncrona se procede con la creación de “la carga” (que será la información enviada mediante JSON a la API, para obtener una respuesta del servicio), mediante la concatenación de las variables anteriormente mencionadas con los parámetros utilizados en el API de AppCenter detallados en la documentación oficial de la plataforma, se hace uso de la barra inversa (\) como secuencia de escape al requerir comillas ("") para cada llave y valor, el par llave-valor es separado con el uso de comas (,)

Después de ello, se crea una clase para envió y recepción de datos por medios HTTP (new HttpClient()) para posteriormente pasar a la creación de la cabecera, que será enviada en la petición de información a la API, se le indica como parámetro que el valor a recibir será un un API Token, seguido de ello se agrega la llave (generada en la plataforma AppCenter) para tener acceso a realizar peticiones a dicha API, se recomienda la encriptación de dicha llave al tratarse de información sensible para la aplicación. Finalmente, se crea una variable para obtener la respuesta de la dirección web donde se encuentra ubicado el proyecto de la aplicación y poder trabajar con el valor dependiendo de si el contenido fue enviado satisfactoriamente o no.

Una correcta selección y aplicación de los instrumentos y herramientas es altamente necesaria ya que de estos dependerá la verificación y validez de los resultados de la investigación una vez realizada. En la Tabla 1 se presentan los equipos e instrumentos utilizados para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 1. Descripción de los equipos e instrumentos utilizados en el desarrollo de la aplicación para el DPC de la UAMRR-UAT.

Equipo/Instrumento	Marca	Modelo	Proveedor	Observaciones
Dispositivo smartphone con SO Android	Huawei	Honor 6X	Huawei	Prueba de aplicación en ambiente versión de Android
Entorno de desarrollo de programación móvil	Visual Studio (VS)	2019	Microsoft	Es posible utilizar el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Xamarin
Web hosting	Web000host	N/A	Webb000Host	Web Host configurado para uso de MySQL
Servidor virtual	WAMP Server	3.17	Romain Bourdon	Entorno de desarrollo para crear aplicaciones web con bases de datos MySQL
Entorno de manejador de MySQL	MySQL Front	6.1	MySQL Front	Gestor de base de datos (SGBD) gratuito, de código abierto.
Equipo de desarrollo	Dell	Inspirion 5584	Dell	Procesador: Intel Core i5-8265U Adaptador gráfico: NVIDIA GeForce MX150 - 2048 MB, GDDR5 Memoria: 8192 MB , DDR4-2400 Disco duro: 256 GB NVMe, 256 GB
Plataforma para envío de notificaciones.	AppCenter + FireBase	N/A	Microsoft y Google	Herramientas para las notificaciones y mensajería móvil

Para el desarrollo de este proyecto se consideró como unidad de análisis a todo usuario con credenciales de moderador que puedan enviar mensajes de alerta al resto de usuarios de la aplicación y puedan visualizar información recolectada por la aplicación además de los registros de mensajes al resto de la población Se le llama credenciales de moderador a las credenciales que da de alta el personal administrador de la aplicación para registrar a los diferentes usuarios que utilizarán la aplicación móvil.

En la Tabla 2 se presenta una descripción de la operacionalización de la variable que se considera en esta investigación.

Tabla 2. Operacionalización de la variable que se consideran para el desarrollo de la aplicación para el DPC de la UAMRR-UAT.

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida, escala y valor final
Tiempo de demora en la comunicación de mensajes entre el DPC de la UAMRR-UAT y el usuario de la aplicación	Medida de tiempos entre el método normal de comunicación de incidentes y la aplicación para la evaluación de cambios.	Rapidez, Tiempo de reacción	Tiempo de demora entre la salida del mensaje y el proceder de la comunidad universitaria	Unidad de medida: Tiempo Escala: Segundo Valor final: Alto (20), Medio (10), Bajo (5) Se tomo en cuenta el promedio actual de desplazamiento de alumnado hacia el DPC de la UAMRR-UAT, junto con los valores arrojados por el prototipo de una aplicación anterior, aceptada mas no liberada por el propio departamento.

3.3 Viabilidad económica-financiera

Para evitar poner en jaque el desarrollo del proyecto se optó por hacer uso de alternativas tecnológicas gratuitas de diversas fuentes. La gran mayoría de las herramientas utilizadas en el desarrollo de la aplicación son de código abierto, tienen objetivo de mercado por donaciones o poseen alternativas de licencia gratuita, tecnología como PHP, Xamarin, XAML, MySQL o el web host (Web000host). En el apartado de hardware, se hizo uso de equipo de cómputo, previamente adquirido, que soporta la emulación de sistemas operativos (SO) necesarios, como MACOS o Android, y una serie de dispositivos móviles con este último SO. Los gastos para el desarrollo del proyecto se redujeron al mínimo al implementar alternativas gratuitas.

4. Diseño y experimentación

4.1. Diseño

La simplicidad fue un factor considerado para el diseño del prototipo de la aplicación móvil, como se puede ver en la Figura 3, tanto para el programador como para los usuarios del sistema, evitando el ingreso de cuentas para recibir información o utilizar ciertas funcionalidades del sistema. Inicialmente la aplicación presenta la pantalla principal que hace las funciones de un concentrador o *HUB* (elemento que sirve para enlazar o comunicar módulos) de esta manera el usuario se desplaza por las diversas opciones que ofrece la aplicación.

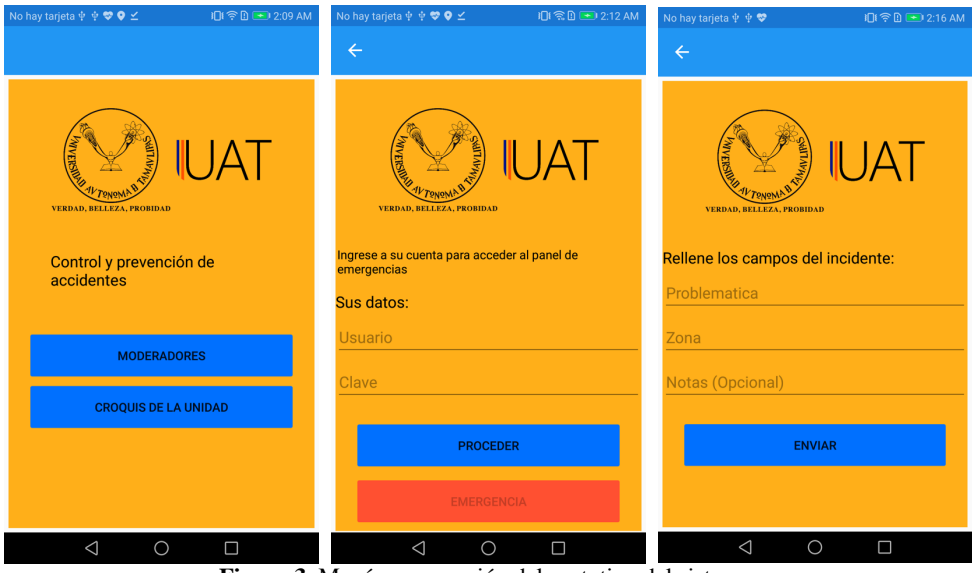

Figura 3. Menú y navegación del prototipo del sistema.

Una vez que el usuario ingresa al sistema, debe especificar el lugar en el que se está desarrollando el incidente, para esto, accede al menú de Zonas como se aprecia en la Figura 4.

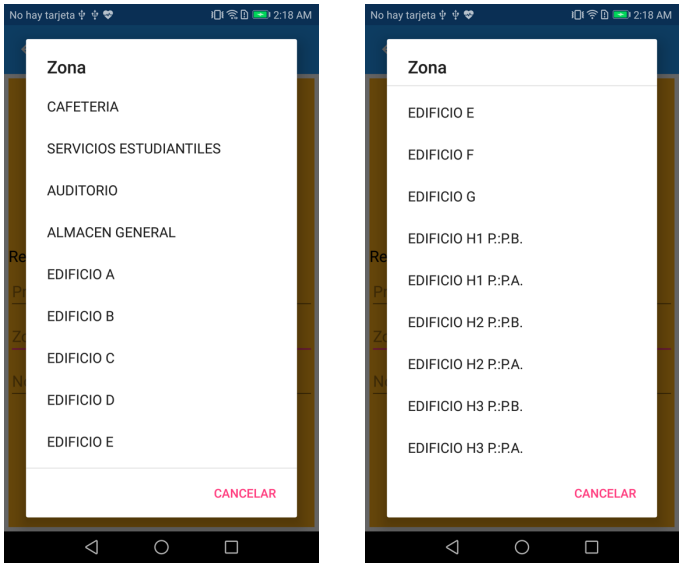

Figura 4. Menú de zonas que define el DPC de la UAMRR para la ubicación de puntos estratégicos en caso de incidentes.

Figura 5. Opciones de registro y herramientas de visualización de información locales (Prototipo para app de escritorio).

Cabe resaltar que para la definición de las zonas de la UAMRR se utilizó el croquis de la periferia que utiliza el DPC (D-AP-72-06-02) en el Sistema Interno de Gestión de Calidad (SIGC) para ubicar los puntos estratégicos en caso de algún incidente. Este croquis es una opción para ser desplegado en la aplicación como se muestra en la Figura 6.

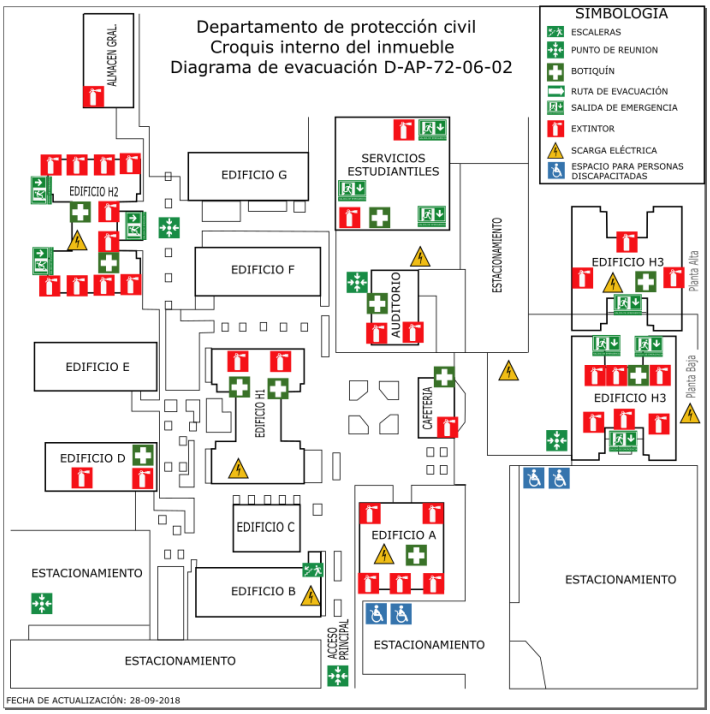

Figura 6. Croquis interno de la infraestructura de la UAMRR-UAT

Debido a las características de Xamarin el código implementado en estas pantallas puede aprovecharse para las plataformas IOS y Android. El envío de mensajería se encuentra bloqueado para el usuario promedio, es necesario ingresar una cuenta previamente dada de alta por el administrador para poder realizar el envío de notificaciones, por motivos de seguridad el usuario deberá de ingresar a su cuenta de manera manual cada vez que requiera enviar notificaciones de emergencia, lo anterior podría suponer un retraso en el proceso de captura de información por lo que se busca reducir la mayor cantidad de tiempo al pedirle únicamente su contraseña después de haber ingresado una vez a la plataforma. Actualmente no está habilitado en esta fase del desarrollo debido a la incompatibilidad con el servicio de mensajería utilizado mientras la aplicación se encuentre en modo depuración.

Durante el desarrollo del prototipo se utilizó un servidor virtual local para la realización de pruebas, empleando las herramientas WAMP Server (servidor virtual) y MySQL Front (Manejador de base de datos). Para realizar las consultas a la base de datos del servidor se utilizaron las herramientas de paquete NuGet MySQL en su versión 8.0.13 y la función de compilación de Visual Studio para verificar el correcto funcionamiento del acceso de cuentas, así como la navegación entre pantallas en esta fase de desarrollo de la aplicación.

Figura 7. Icono de fase prototipo propuesta durante el proceso de desarrollo.

4.2. Experimentación

Para la experimentación, y previo diseño del sistema fueron considerados teléfonos inteligentes Android debido a su disponibilidad al momento de realizar las pruebas necesarias; el testeo en la mayor cantidad de dispositivos móviles fue un punto importante a cubrir para asegurar el funcionamiento de la aplicación.

Como se aprecia en la Figura 8, en esta fase de prueba se compila la aplicación en el equipo de desarrollo que a su vez está conectado al teléfono inteligente en el que se ejecutará la aplicación; las herramientas Xamarin generan el paquete .apk empleado para la depuración e instalan el software en el dispositivo móvil, el cual aprovechando la conexión establecida con el equipo de desarrollo podrá integrar información a la base de datos del servidor virtual.

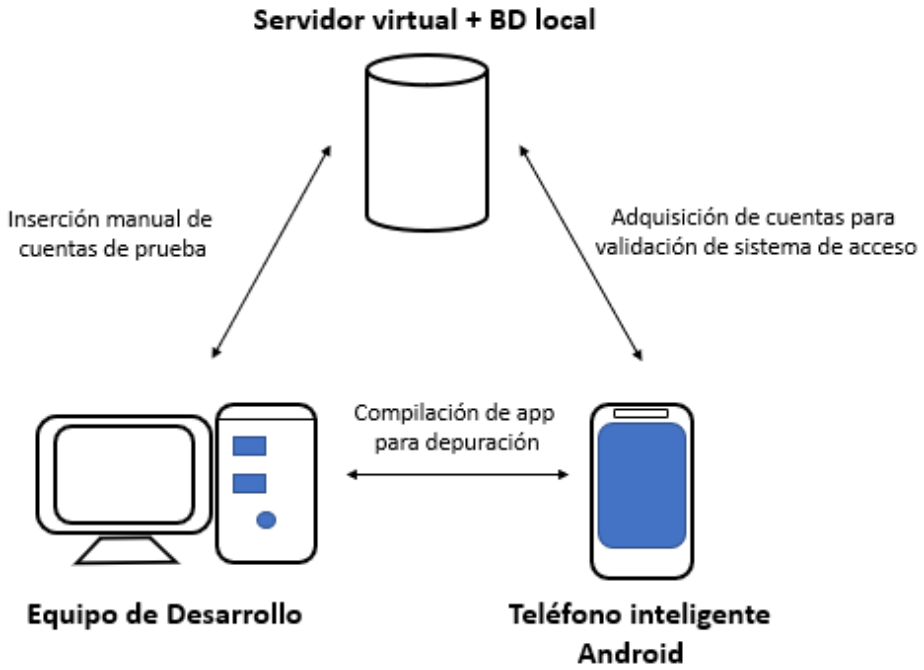

Figura 8. Funcionamiento del prototipo en etapa de depuración

Para proceder con las pruebas del prototipo inicial del sistema se plantea el hecho de medir: la fiabilidad del envío de información, la rapidez en la entrega de la información, el avance general del núcleo principal y de los módulos añadidos de la misma. Las pruebas se vieron divididas en un periodo de 7 días hábiles en los cuales se probó el envío de mensajería a los diversos usuarios en sus dispositivos móviles, aumentando la cantidad de mensajes en cada iteración.

Se realizaron pruebas por una semana entera, comenzando con una población de 5 dispositivos móviles conectados, y finalizando con un total de 25 con la aplicación instalada en ellos. En este período de prueba no se observaron diferencias significativas al momento de medir el tiempo de respuesta del servidor para con los mensajes de alerta enviados; la diferencia es mínima (décimas de segundo) manteniéndose dentro de un rango aceptable de espera de envío incluso al incrementar la cantidad de dispositivos móviles. Sin embargo, es importante considerar que una vez autorizada y liberada la aplicación para su uso por parte de la comunidad universitaria de la UAMRR-UAT deberán hacerse pruebas adicionales considerando gradualmente una cantidad mayor de dispositivos móviles y verificar.

A manera de emular la naturaleza impredecible de la presencia de incidentes, el envío de mensajes se realizó en horarios indefinidos, pero siempre en secciones del día en el cual la comunidad universitaria se encuentre presente. Los mensajes aparecen en el dispositivo mediante una alarma y va a permanecer hasta que el usuario lo abra o lo ignore. Los equipos Android utilizados para la confirmación de llegada de mensajes de emergencia durante las pruebas iniciales del prototipo desarrollado son Motorola Moto G5 Plus, Huawei Honor 6X y Ulefone Armor 6E

5. Resultados

A continuación, se presenta en la Tabla 4 la evaluación del tiempo de respuesta de la aplicación mediante la representación de un promedio de tiempo (en segundos) de tres equipos de gammas diferentes, revisados manualmente, haciendo uso de un reloj interno proporcionado por AppCenter como instrumento de medición. En cada día se aumenta la cantidad de dispositivos móviles con la aplicación instalada al momento de realizar la prueba de mensajería, lo anterior para analizar el posible retraso que estos representan a la hora de enviar y recibir información de la aplicación a los tres teléfonos celulares evaluados.

Turno de actividades	Lunes 5 dispositivos	Martes 10 dispositivos	Miércoles 15 dispositivos	Jueves 20 dispositivos	Viernes 25 dispositivos	Sábado 25 dispositivos	Lunes 25 dispositivos
Matutino (6:00 – 12:00)	3.15 s	2.95 s	3.17 s	3.15 s	3.11 s	3.29 s	3.24 s
Vespertino (12:00 – 19:00)	3.11 s	3.02 s	2.87 s	3.26 s	3.33 s	3.10 s	3.12 s
Nocturno (19:00 – 21:00)	2.91 s	2.94 s	3.32 s	3.34 s	3.18 s	2.95 s	3.05 s

Tabla 4. Registros de pruebas para observar el tiempo promedio de respuesta de la aplicación.

Con base a los resultados obtenidos y al observar que no se presenta un retraso significativo en el envío de notificaciones con el aumento de dispositivos móviles, debiéndose en mayor parte a que el proceso de envió de mensaje es realizado esencialmente por la plataforma AppCenter y no sobre el tipo de celular desde el cual se envía dicho mensaje, se considera que la aplicación está preparada para satisfacer las necesidades del DPC de la UAMRR-UAT en cuanto al abanico mínimo de usuarios a la que esta podrá alcanzar. Se tiene como objetivo en una primera instancia el dar cobertura al jefe de grupo de cada salón y al personal esencial de cada departamento y/o sector de la universidad, siendo las aproximaciones alrededor de 90 y 120 usuarios los que se estarían desplegando (cantidad de usuarios mínima estimada), basados en el grado de aceptación y utilidad de la aplicación, se realizarían los cambios correspondientes para satisfacer las necesidades de ampliación a más usuarios de la universidad. El tiempo promedio de respuesta de la aplicación es de 3.12 segundos.

Debido a la naturaleza gratuita de la licencia utilizada en la plataforma AppCenter se tiene un limitante en la cantidad de usuarios o "grupos" que pueden ser asignados a una aplicación en específico, en caso de alcanzar el límite de usuarios en la aplicación se considera la posibilidad de hacer uso de servicios de paga de las plataformas utilizadas para el desarrollo de la aplicación o migrar la plataforma a un servicio de escala mayor, para lo cual el sistema está preparado debido a la independencia entre los servicios de la aplicación y los módulos empleados para la comunicación entre esta y los servidores.

De acuerdo con el objetivo principal descrito en la sección 3 y en base a las respuestas por parte de la responsable del DPC en la segunda entrevista se observa que los resultados obtenidos en estas pruebas prototipo ayudan a cumplir dos de los puntos importantes:

1) La comunidad universitaria de la UAMRR-UAT identifique las zonas estratégicas al interior de las instalaciones en caso de presentarse situaciones de riesgo, lo anterior en base al módulo de visualización del croquis de la UAMRR en la aplicación. Esta herramienta, dentro de la aplicación, es de fácil acceso y está disponible para todos los usuarios de esta, sin requerimiento de previo registro. El formato seleccionado es .svg, lo que permite mantener la claridad de la imagen evitando malas interpretaciones del señalamiento.

La aplicación estará disponible en primera instancia en un espacio del portal web de la UAMRR-UAT (www.rodhe.uat.edu.mx), de acuerdo con la evolución que presente se propondrá a la Dirección del plantel el introducirla en la tienda de aplicaciones Google Play, junto con su contraparte para dispositivos IOs en la App Store de Apple.

2) La comunicación en tiempo real para contingencias, esto debido a que la aplicación provee de un canal abierto en todo momento para el envío de notificaciones (previo acceso de credenciales) y para el recibimiento de mensajería a todo usuario con aplicación instalada.

Los resultados evaluados variarán dependiendo del tipo de dispositivo móvil en el cual se evalúa la aplicación, así como a la velocidad de internet al que el dispositivo esté conectado. Para el desarrollo de las pruebas se utilizó un servicio de internet con una velocidad de acceso de 10 Mbps. Es importante recalcar que la velocidad de acceso a internet al que el promedio de usuarios se verá conectado será, en principio, provista por la red inalámbrica de la UAT una vez implementada la aplicación, siendo esta de 100 Mbps. La responsable del DPC de la UAMRR-UAT declaró que se encuentra satisfecha del avance obtenido con el estado actual de la aplicación el cual fue

mejorando a través del proceso de desarrollo y que la problemática planteada se verá atendida. La responsable del DPC no consideró de utilidad el uso y visualización de registros de incidentes de la aplicación como un apoyo para los documentos físicos actuales que procesan en el Departamento.

6. Conclusiones

Con el uso de un sistema móvil de comunicación directa en la comunidad universitaria de la UAMRR-UAT utilizando la tecnología Xamarin para el DPC se agilizó el despliegue de información sobre incidentes y/o simulacros suscitados. Lo anterior dentro del periodo de evaluación correspondiente de 7 días hábiles. Con el uso de una aplicación para dispositivos móviles disminuye el tiempo requerido (5 minutos sin el uso de la aplicación, 3 segundos con el uso de la aplicación) para alertar a las autoridades sobre accidentes o daños causados en las inmediaciones de la UAMRR-UAT ayudando tanto al personal del DPC al mantener un control de los datos recolectados por la aplicación y a la facilidad de desarrollo de simulacros incrementando su cantidad durante un año natural, como a la comunidad universitaria para conocer sobre los puntos estratégicos que resultan de interés situaciones de emergencia dentro de las instalaciones además de identifica los números de extensión de los departamentos responsables de atender a la ciudadanía en caso de accidentes y los procedimientos para actuar en caso de que se presente alguna contingencia. La aplicación le permite al DPC mantener un monitoreo confiable de los casos de incidentes suscitados en la UAMRR-UAT, evitando recorridos largos del alumnado, profesores y personal administrativo hacia las oficinas del DPC para informar sobre accidentes ocurridos, actuando conforme corresponda al incidente de la manera más rápida posible lo cual resulta vital al momento de tratar con situaciones de emergencia.

El uso extendido de la aplicación se ve reflejado en la aceptación recibida por parte de los usuarios; para esto se consideró un método poco invasivo con la recepción de mensajería facilitando el uso de la aplicación al máximo y eliminando cuentas o registros innecesarios, limitándolo a la simple instalación de la aplicación como con la facilitación de conexión a internet. Se consultó a los usuarios que participaron en la etapa de prueba de la aplicación y la percepción en general es que es una aplicación útil y de fácil manejo, pero coincidieron en que una mejora de la aplicación es mantener activa la cuenta del usuario.

Un trabajo a futuro es la prueba para dispositivos móviles que utilicen iOS y el desarrollo de diversos módulos complementarios de la aplicación, los cuales se desarrollarán de manera gradual con el objetivo de escalar la aplicación a nivel institucional.

Una recomendación inicial para la mejora de esta aplicación es considerar un servidor web con puertos habilitados para una conexión directa de aplicaciones externas para el control de las bases de datos almacenadas en él, lo anterior puede obtenerse mediante una suscripción de paga de los servicios de prueba utilizados en el desarrollo del proyecto, facilitando el control del crecimiento de la aplicación y futuros cambios en el sistema de almacenamiento de la información.

Otra área de mejora se identifica en la parte del registro de nuevos usuarios y la actualización de la aplicación, lo último se evitó debido a lo complicado que resulta realizar un sistema de actualización automática local con los recursos disponibles para el desarrollo de este proyecto. El área de mejora se observa en la realización de módulos web embebidos en la aplicación móvil, a lo que se le podrían llamar "módulos híbridos", utilizando las herramientas web que se presentan debido a la ventaja de poseer un servicio web de paga, creando páginas web que se encarguen de realizar el mantenimiento de las cuentas de usuario, la visualización de los datos recolectados por la aplicación y facilitar la implementación de la aplicación en cada una de las dependencias de la UAT, todo lo anterior dentro de la propia aplicación móvil sin necesidad de instalación de aplicaciones cliente en ningún dispositivo de cómputo de escritorio. La metodología basada en el desarrollo de módulos permite que la aplicación sea de fácil de actualizar e integrar mejoras en su operación como: mapeado de zonas de contingencia en tiempo real, seguimiento grafico de los datos recolectados por los usuarios, realización de diversas herramientas enfocadas a un departamento en específico (como aquellos peligros presentes en los laboratorios de ciencias básicas, de tecnologías y de especialización).

Referencias

1. Abad, C.: La seguridad en infraestructuras críticas, una realidad con carácter global. *Ikusi. Ingeniería y Desarrollo Tecnológico*. http://www.ikusilatam.com/es/blog/la-seguridad-en-infraestructuras-criticas-una-realidad-con-caracter-global (2017). Accedido el 9 de diciembre de 2019.
2. Manual de Protección Civil ante Casos de Emergencia, Contingencias y Desastres del STCONAPRA. Secretaría de Salud/STCONAPRA. México, Ciudad de México, 2017.

3. Spotbros.: Cooperation makes it happen. https://spotbros.imbox.me/home (2012). Accedido el 10 de diciembre de 2019.
4. Rodriguez Leal, M.: SOS First Aid. *Vista previa de Apps Store*. *https://apps.apple.com/es/app/s-o-s-first-aid/id474392459?ign-mpt=uo%3D8 (2019)*. Accedido el 10 de diciembre de 2019.
5. Rosete, M.J.: Una aplicación que permitirá encontrar los desfibriladores más cercanos al usuario en caso de emergencia y que además incorpora vídeos explicativos y un botón que conecta automáticamente con el número 112. *Fayerwayer*. https://www.fayerwayer.com/2012/05/sos-112-una-aplicacion-para-encontrar-el-desfibrilador-mas-cercano// (2019). Accedido el 10 de diciembre de 2019.
6. Stern, M.: PocketCPR. *MDLinx*. *https://www.mdlinx.com/nursing/mobile-app-center/mobile-app-detail.cfm?app_id=8881* (2015). Accedido el 10 de diciembre de 2020.
7. APK.Center., Description of Proteccion Civil 1.0 APK. https://apk.center/mx.com.tixsoft.arrvi.html (2019). Accedido el 10 de diciembre de 2019.
8. Serrano, L.: 11apps imprescindibles para situaciones de emergencia. *Socialancer.com*. https://www.socialancer.com/11-apps-de-emergencias-imprescindibles/ (2019). Accedido el 10 de diciembre de 2019.
9. AppArmor.: Innovators of public safety. https://www.apparmor.com/ (2020). Accedido el 9 de marzo de 2020.
10. Fundación Fuego Magazine: Las 13 apps indispensables en situaciones de emergencia. *FFMAGAZINE*. *http://www.fundacionfuego.es/magazine/las-13-apps-indispensables-en-situaciones-de-emergencia/* (2020). Accedido el 8 de marzo de 2020.
11. Rincón, S.: El celular, un 'mal' necesario para la educación mexicana. *Forbes México*. https://www.forbes.com.mx/el-celular-invitado-molesto-pero-necesario-en-la-educacion-mexicana/ (2019). Accedido el 8 de marzo de 2020.
12. Tecnología: La Cruz Roja Mexicana presenta una 'app'. *Expansión*. https://expansion.mx/tecnologia/2014/01/16/la-cruz-roja-mexicana-presenta-una-app-de-primeros-auxilios (2014). Accedido el 8 de marzo de 2020.
13. Gómez Flores, L.: Ponen en marcha app de los bomberos. *La Jornada*. https://www.jornada.com.mx/ultimas/capital/2018/04/10/ponen-en-marcha-app-de-los-bomberos-8933.html (2018). Accedido el 8 de marzo de 2020.
14. Petzold, C.: *Creating Mobile Apps with Xamarin.Forms*. Washington: Microsoft Press, (2016).
15. Firebase: Fiberbase Cloud Messaging. *Firebase*. https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging/ (2019). Accedido el 10 de marzo de 2020.
16. Bravent.IT Consulting company: ¿Qué es Microsoft APP Center?. *Bravent IT consulting company*. https://www.bravent.net/qu%C3%A9-es-visual-studio-mobile-center (2017). Accedido el 10 de marzo de 2020.
17. Ceballos, F.J.: *El lenguaje de programación C#*. México: Alfaomega, (2006).
18. Davis, M.; Phillips, J.: Learning *PHP y MySQL*. México: Anaya Multimedia, (2008).
19. Nair, H.; Yadav, V.: *Study on Cross-Platform Mobile App Development with Xamarin*. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*. Institute of Management and Computer Studies, (2018).
20. Okediran, O.; Arulogunm, O.; Ganiyu, R.; Oyeleye, C.:*Mobile Operating Systems and Application Development Platforms: A Survey*. Advanced Networking and Applications. Ladoke Akintola University of Technology, (2014).
21. Borjas Torres, A.G.: *Desarrollo de aplicación móvil para notificación de incidentes, con el uso de la tecnología Xamarin, para el departamento de protección civil de la UAT-UAMRR*. Tesis de Licenciatura. UAMRR-UAT (2020).