

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingenieros de Sistemas**

**TEMA:
ESTUDIO PRELIMINAR DE IOT APLICADO A SMART CAMPUS PARA
REGISTRO DE DOCUMENTOS ACADÉMICOS POR MEDIO DEL
DESARROLLO DE UN PROTOTIPO UTILIZANDO BEACONS.**

**AUTORES:
WILSON ALEXANDER ANDRANGO QUISHPI
HÉCTOR DAVID SÁNCHEZ VÉLEZ**

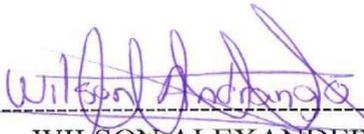
**TUTOR:
GUSTAVO ERNESTO NAVAS RUILOVA**

Quito, febrero del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Wilson Alexander Andrango Quishpi con documento de identificación N°. 1722524459 y Héctor David Sánchez Vélez, con documento de identificación N°. 1718309477, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: **“ESTUDIO PRELIMINAR DE IOT APLICADO A SMART CAMPUS PARA REGISTRO DE DOCUMENTOS ACADÉMICOS POR MEDIO DEL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO UTILIZANDO BEACONS.”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIEROS DE SISTEMAS, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



WILSON ALEXANDER
ANDRANGO QUISHPI
C.I.:1722524459



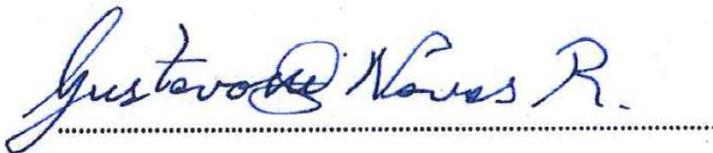
HÉCTOR DAVID
SÁNCHEZ VÉLEZ
C.I.:1718309477

Quito, febrero del 2020

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo académico con el tema: ESTUDIO PRELIMINAR DE IOT APLICADO A SMART CAMPUS PARA REGISTRO DE DOCUMENTOS ACADÉMICOS POR MEDIO DEL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO UTILIZANDO BEACONS. realizado por Wilson Alexander Andrango Quishpi y Héctor David Sánchez Vélez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2020



GUSTAVO ERNESTO NAVAS RUILOVA

CI: 1705675625

Estudio Preliminar de IoT Aplicado a Smart Campus para Registro de Documentos Académicos por Medio del Desarrollo de un Prototipo Utilizando Beacons.

Andrango Wilson, Sánchez Héctor, Navas Gustavo
 Ingeniería de Sistemas, Universidad Politécnica Salesiana
 Quito, Ecuador
 wandrango@est.ups.edu.ec
 hsanchezv@est.ups.edu.ec
 gnavas@ups.edu.ec

Abstract— In this document the operation and creation of a prototype will be observed with the use of Beacons for the visualization of academic documents, and communications that the teachers handle, this with the purpose of obtaining a means of communication according to the facilities of the use of tools IoT for the optimal operation of a Smart Campus, taking into account the use of an application created in Android Studio.

Keywords: API, Beacon, Google Cloud Platform, IoT, SDK Android.

Resumen— En el presente documento se observará el funcionamiento y creación de un prototipo con el uso de Beacons para la visualización de documentos académicos, y comunicados que manejan los profesores, esto con el propósito de obtener un medio de comunicación acorde a las facilidades del uso de herramientas IoT para el funcionamiento óptimo de un Smart Campus, teniendo en cuenta el uso de una aplicación creada en Android Studio.

Palabras Clave: API, Beacon, Google Cloud Platform, IoT, SDK Android.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el Internet de las cosas (IoT) es un área de investigación emergente, la cual varios investigadores suponen que la computación IoT va a ser en un futuro cercano uno de los paradigmas dominantes [1]. Este paradigma consta de miles de millones de dispositivos interconectados, inteligentes y pequeños que permiten el envío de información de forma autónoma, obteniendo como resultado un entorno físico-virtual más interactivo con el fin de mejorar un proceso ya existente.

En el Ecuador, la forma tradicional de registrar documentos es realizarlo de forma manual, esto en ocasiones puede causar que existan inconsistencias o inclusive pérdidas, siendo algo grave al tratarse de información sensible. La principal problemática, asociada al momento de informar, verificar y registrar documentos, es que la persona que tiene que realizar este proceso a veces no se encuentra disponible, debe atender a los usuarios uno a la vez o los usuarios no pueden asistir en el momento que esta persona encargada está disponible, esto ocasiona incomodidad en ambas partes.

Estas desventajas incentivan a la necesidad de crear un prototipo basado en el IoT, que a su vez integrándolo con otras tecnologías de la nube (Google Cloud Platform) y dispositivos como los Beacon, pequeños dispositivos que, en el contexto de tecnología inalámbrica, son utilizados para transmitir una pequeña cantidad de información [2]., hace de este prototipo una herramienta muy eficaz para solventar esta problemática.

El empleo de este prototipo proporciona excelentes prestaciones:

- Reducción en los costos de recursos
- Acceso remoto de la información por parte de la persona encargada del proceso
- Actualizaciones automatizadas de la información
- Varias opciones de almacenamiento escalable
- Configuración personalizada dependiendo de la necesidad

En el siguiente prototipo se utilizará las diferentes herramientas de Google Cloud para el uso y registro de los Beacons como una gran opción de IoT para poder tener el mejor funcionamiento dentro del Smart Campus, así como, ser una gran opción tanto para maestros como para estudiantes.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Internet de las Cosas (IoT)

En el año de 1991 Mark Weiser acuñó el término computación ubicua, el cual fue descrito como aquel conjunto de instrumentos informáticos los cuales están enlazados a la estructura de la vida cotidiana de tal forma que no se pueden distinguir, esto se cumple siempre y cuando estos dispositivos estén conectados a través de una red y sean capaces de comunicarse entre sí, convirtiéndolos en una parte esencial de nuestra vida diaria [3].

Internet de Cosas se lo define como una infraestructura de carácter global para la sociedad de la información, esta infraestructura provee de servicios avanzados por medio de la interconexión de las cosas, tanto físicas como virtuales las cuales se basan en tecnologías de la información y comunicación interoperables que están existentes y en constante evolución [4]. En un futuro cercano IoT se lo

considera que puede ser dominante y masivo, esto quiere decir que va a tener roles más importantes en varios dominios de aplicaciones, así como son, movilidad y transporte, administración de residuos, monitoreo ambiental, redes inteligentes, eficiencia eléctrica, seguridad, educación, salud, etc.

Aunque, un enfoque centralizado en los requisitos técnicos puede ocasionar que un objetivo sea perdido si la perspectiva del usuario final no se lo tiene en cuenta adecuadamente. Con respecto con IoT, los requisitos del usuario final son probablemente indispensables como los técnicos, por lo que comprender la aceptación y satisfacción del usuario final es muy importante y fundamental [5].

B. Google Cloud Platform (GCP)

Google Cloud Platform es un servicio en la nube proporcionado por Google [6]. Para comprender de mejor manera lo que es esta plataforma se lo definirá de la siguiente forma.

GCP provee de todos estos productos, servicios y herramientas para que el desarrollador pueda diseñar, realizar pruebas y poner en marcha aplicaciones en esta plataforma para así garantizar seguridad y una gran escalabilidad despreocupándose de tener que gestionar recursos para poder llevar a cabo sus objetivos, todo esto gracias al buen diseño de la infraestructura proporcionada por Google.

C. Beacons

Los Beacons son dispositivos unidireccionales que se usan para marcar lugares y objetos importantes. Normalmente, un Beacon es visible para el dispositivo de un usuario desde un rango de unos pocos metros, lo que permite casos de uso altamente sensibles al contexto los cuales “emite señales de onda corta utilizando la tecnología Bluetooth” [7]. La plataforma Beacon de Google está diseñada para facilitar la incorporación de este tipo de casos de uso en sus propias aplicaciones y lugares, ya sea que mantenga una aplicación ampliamente distribuida [8].

La plataforma de Google Beacon consta de los siguientes componentes:

- Eddystone, el formato de Beacon abierta de Google que funciona con Android y iOS
- API Nearby para Android y iOS, gestionando el escaneo de Beacons para su propia aplicación
- Proximity Beacon API para integrarse con los productos de Google y su propia aplicación

D. Beacons con Eddystone

Eddystone es un formato de Beacon abierta de Google que funciona con Android y iOS. El proceso de configuración de un Beacon para transmitir se puede completar utilizando la aplicación Beacon Tools de Google para Android y iOS, usando una herramienta de su fabricante.

Los Beacons se pueden implementar en lugares fijos, como aeropuertos, museos y paradas de autobús, y se pueden adjuntar a objetos móviles como bicicletas, quioscos y taxis. Una vez que haya identificado los lugares y objetos que son importantes para sus usuarios, debe decidir qué tipos de marcos incluir. En

casi todos los casos, debe incluir un marco de identificador abstracto como Eddystone-UID o Eddystone-EID [8]. Estos tipos de marcos permiten la mayor flexibilidad en el uso de su infraestructura en el futuro. La plataforma de Google Beacon proporciona una abstracción entre el hardware o el identificador de él Beacon y la información asociada con el Beacon. Esto permite que un único Beacon juegue un papel para muchas aplicaciones, servicios y características diferentes. Una vez que se aprovisiona y registra un Beacon, debe centrarse en los datos adjuntos, el espacio de nombres y los tipos para aprovechar al máximo la flexibilidad de la plataforma de él Beacon.

Los Beacons pueden ser alimentados por una batería que puede durar más de un año. Estos también pueden usar una fuente de alimentación externa, por ejemplo, si el Beacon está incorporado en un dispositivo más grande, como un televisor o un vehículo.

La duración de la batería del Beacon está influenciada por la velocidad a la que el Beacon transmite su mensaje y el nivel de potencia de las transmisiones. Estos parámetros también influyen en la latencia de detección el cual es el retraso entre el dispositivo del usuario cerca del Beacon y el análisis exitoso de la emisión del Beacon por parte del dispositivo.

E. Herramientas para Considerar de Google Cloud

1) *Proximity Beacon API*: Esta API permite el manejo total del hardware de los Beacons que se administran mediante la misma, de igual manera poder obtener diagnósticos de los dispositivos.

Fue diseñado para el despliegue y gestión de los Beacons de una manera fácil, basado en tres puntos clave de funcionalidad:

- Administración de Beacons
- Avistamiento y servicio de Beacons
- Diagnóstico de Beacons

2) *Cloud IOT Core*: Se tiene en cuenta el manejo de datos que generan los diferentes dispositivos que hoy en día funcionan en los diferentes lugares en el mundo entero, entonces, las diferentes empresas o entidades requieren dar un mejor uso de estos dispositivos tanto para el lugar como para los diferentes usuarios finales a los cuales se les está proporcionando dicha tecnología para un mejor manejo y facilidad de estos antes mencionados.

Por esta razón, una forma útil de poder analizar dichos datos sería guardándolos en una nube de forma fácil y sencilla.

Cloud IOT Core permite a las diferentes empresas o usuarios realizar analítica de datos en conjunto con servicios propios de Google Cloud, esto le permite realizar cloud computing cuya principal característica es “la de estar diseñado para funcionar bajo demanda, utilizando los recursos hardware disponibles según se necesiten, típicamente de un centro de datos” [9].

F. Smart Campus

Smart Campus conlleva el manejo óptimo de diferentes áreas en la educación, teniendo en cuenta las aplicaciones necesarias o requeridas para poder tener un buen manejo de estas, para esto se debe tener en cuenta las necesidades de los usuarios dentro de un Smart Campus, tanto como, las limitaciones

físicas del establecimiento para así poder crear las mejores soluciones tecnológicas que satisfagan lo antes mencionado.

El objetivo principal dentro de un Smart Campus es “renovar las infraestructuras tecnológicas, enriqueciendo la tecnología y los métodos de enseñanza, ya que dicha tecnología permite la comunicación entre estudiantes y académicos” [10]. Se debe tener en cuenta al momento de implementar un Smart Campus que tanto estudiantes como docentes, deben tener la facilidad de conocimiento de las estructuras dentro del área, ya que en áreas grandes es de mucha ayuda saber en dónde se encuentran ubicadas dichas estructuras, esto facilita la implementación mencionada.

En diferentes partes del mundo se han implementado diferentes Smart Campus con la necesidad de corresponder las necesidades propias de estos campus, un ejemplo claro de esto es que “la Universidad de Exeter desarrolló un paisaje dinámico AR de flora y fauna.

Usando Realidad Aumentada, el campus se cambió a materiales de aprendizaje accesibles y recursos para apoyar el currículo formal e informal” [10].

III. METODOLOGÍA

La metodología propuesta, trabaja en dos etapas, la primera etapa es el ingreso de la información necesaria para la obtención de la información que está en Google Cloud, esto a través de una aplicación móvil que es desarrollada por los autores de este artículo. La siguiente etapa es la obtención de los datos que llegan a la aplicación mencionada por medio de una notificación que genera el Beacon, esto ocurrirá luego de haber verificado y autenticado, dicha información en la base de datos MySQL creada en la máquina virtual implementada en Google Cloud, estos procesos los podemos observar en la Fig. 1.

A. Descripción General

Para el desarrollo del prototipo se ha creado una aplicación sencilla, la cual utiliza un API llamada Nearby Messages de Google Cloud Platform, esta API va a permitir buscar los archivos adjuntos del Beacon, bloques de datos útiles los cuales están asociados al Beacon en la nube. En este proceso se comprenderá de mejor manera los Beacons, el formato Beacon Eddystone, la plataforma de Google dedicada para Beacons, se dará a conocer el proceso para aprovisionar y registrar los dispositivos Beacon en Google.

La creación de esta aplicación sencilla y utilizable con la capacidad de reconocer Beacons.

Eddystone, se la puede generalizar en 4 pasos los cuales son:

- Realizar la configuración básica del Beacon, esto incluye el UID de Eddystone que emite el Beacon (en algunas ocasiones se lo conoce como “aprovisionamiento” del Beacon) [11]. utilizando las instrucciones indicadas por el fabricante del Beacon
- Utilizar “Beacon Tools”, app de la Playstore de Google, para poder registrar el Beacon con la plataforma dedicada para Beacons de Google (Google Beacon Platform)
- Adjuntar información útil al Beacon mediante la adición de archivos adjuntos de Beacon utilizando Beacon Dashboard
- Desarrollar una aplicación que recupere los archivos adjuntos de Beacon utilizando la API Nearby Messages

El desarrollo de este se basa en la necesidad del estudiante para que pueda tener la información adecuada en el momento necesario, sin pérdidas de tiempo, ya que por diferentes

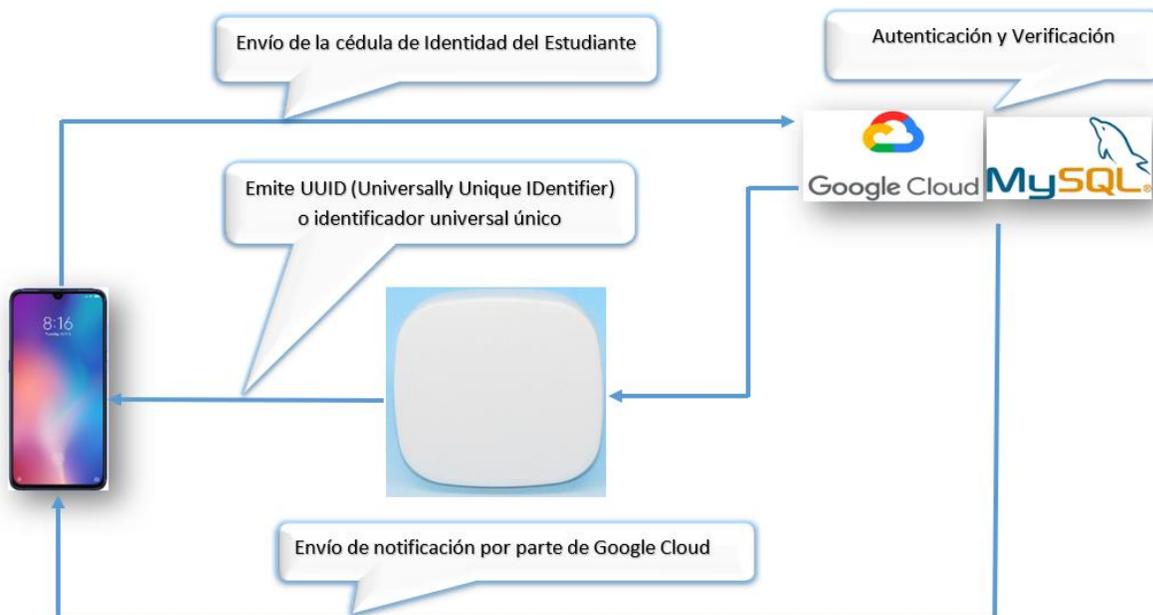


Fig. 1 Funcionamiento del prototipo

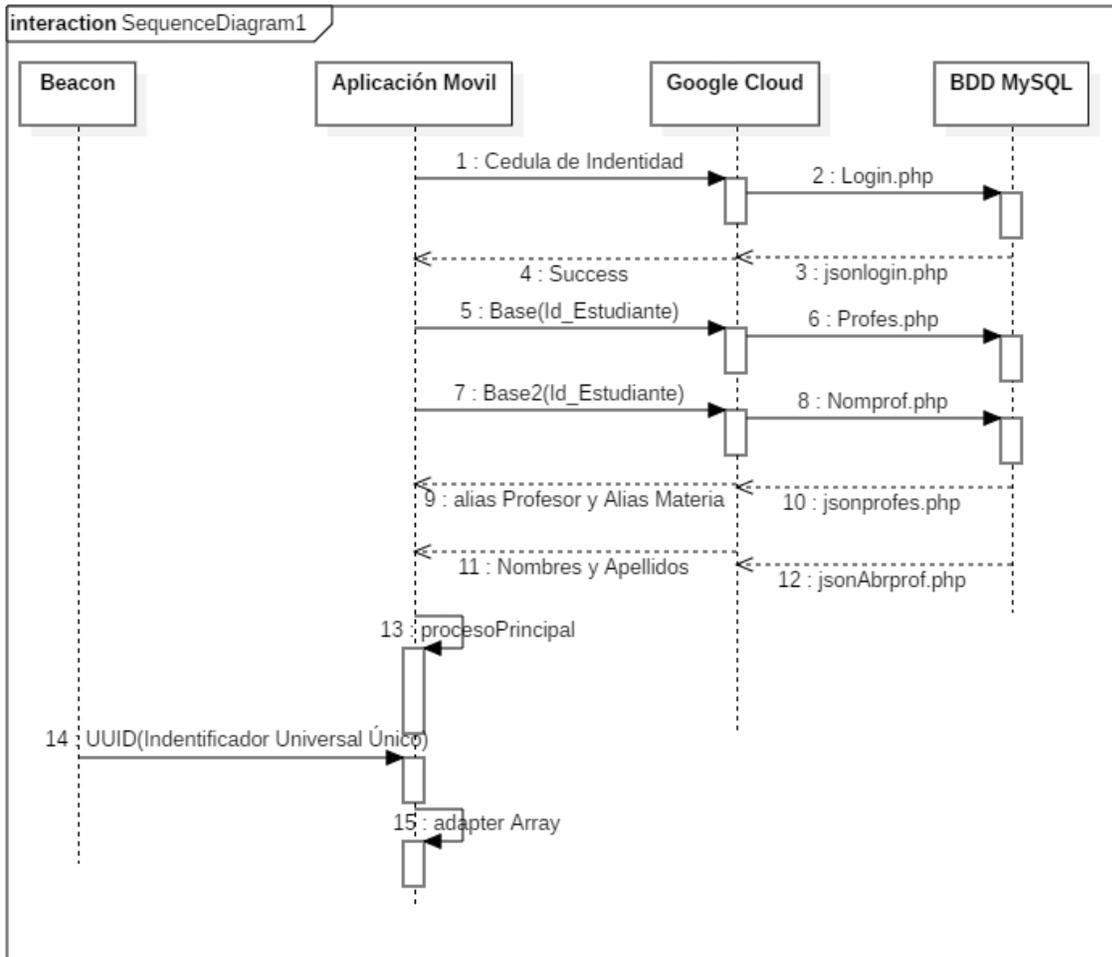


Fig. 2 Diagrama de secuencia del prototipo

motivos los profesores disponen de tiempo limitado para la atención personalizada con el alumno.

Por lo antes mencionado, se desarrolló una aplicación móvil que, en conjunto con un Beacon, el estudiante podrá tener la información dejada por su profesor o profesores dentro del área en la que se encuentre disponible el Beacon, claro está, con los archivos o comunicados correspondientes de su materia, acotando el proceso interno como se puede ver en la Fig. 2.

B. Registro del Beacon

Para comenzar la creación misma del prototipo, se tiene que registrar el Beacon que se usara para el enlace y configuración de los diferentes temas a ingresar, sea de diferente temática o tipo de información, esto se lo realiza fácilmente con la ayuda de una aplicación Beacons Tools que se descargará de Google Play.

Esto se debe a las políticas de uso de la compañía Google, ya que si estos no están registrados en Google Cloud no se puede hacer uso de estos, y de este modo quedarían obsoletos.

A continuación, se requiere ingresar a Google Cloud para generar las credenciales que serán de gran ayuda para la conexión con el API Nearby Messenges.

Habilitando esta API se tiene las credenciales necesarias para la continuación del ensamblado del prototipo.

La credencial se utilizará para el inicio de la programación del proyecto respectivo en Android Studio, tal como se muestra en la Fig. 3.

```

<meta-data
    android:name="com.google.android.nearby.messages.API_KEY"
    android:value="AIzaSyAOW6hjU_uLvIFQEHV_dUYUch4FoR902us" />
  
```

Fig. 3 Credencial obtenida de la API

C. Desarrollo de la Aplicación Móvil

Basándose en el código del ejemplo llamado HelloBeacon de Google se procede a realizar la aplicación móvil, que nos permite obtener los datos adjuntos que se obtienen del Beacon registrado [11]. Se tiene el siguiente diagrama de clases de la aplicación en la Fig. 4.

- BeaconMessageReceiver: esta clase realiza la tarea de obtener los mensajes en segundo plano que se obtiene en el escaneo BLE del Beacon

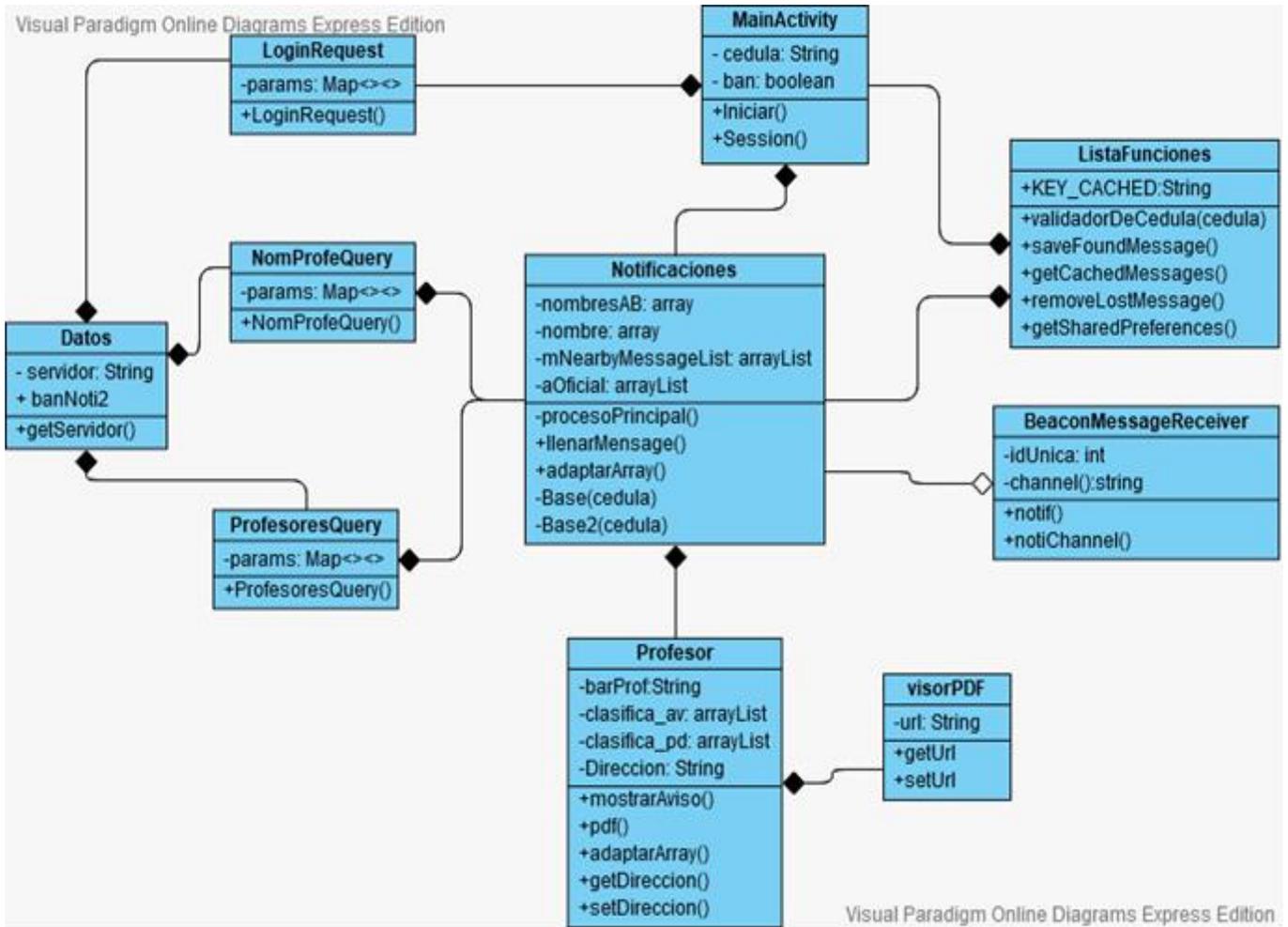


Fig. 4 Diagrama de clases

- Datos: Provee la dirección del servidor de base de datos, así como habilita el escaneo en segundo plano
- LoginRequest, NomProfeQuery, ProfesoreQuery: Realiza las consultas a la base de datos por medio del método POST al servidor
- ListaFunciones: Obtiene los métodos principales que realizarán las diferentes validaciones y el guardado correcto de los mensajes procedentes del Beacon
- Notificaciones: en esta clase se realiza el llamado correcto de los profesores pertenecientes al alumno, así mismo, la comparación con los mensajes del Beacon para poder visualizar a los profesores y materias en las cuales el alumno está inscrito
- Profesor: Se detalla avisos y documentos que el profesor haya publicado en la plataforma de Google Cloud
- VisorPDF: realiza la visualización del documento PDF que el profesor publica en la plataforma

Esta aplicación móvil se desarrolló para el uso del cliente, en este caso el alumno, que es el primer beneficiario con esta innovación dentro del campus universitario.

- 1) *Login*: Al momento de ingresar a la aplicación, el estudiante ingresa su cedula para la respectiva verificación y validación de su información y registro en la nómina de estudiantes registrados en el sistema. Esto debido a los términos de seguridad que se debe tener al momento de solicitar información personal, obtenida tanto por el estudiante como por el profesor. Con la verificación correcta el estudiante puede obtener la información de sus profesores asignados, de manera eficaz en su Smartphone, como lo podemos observar en la Fig. 5.



Fig. 5 Login

2) *Profesores Asignados al Estudiante:* En esta interfaz el usuario deberá estar dentro del rango del Beacon, el cual, si la verificación fue correcta le enviará la autenticación para que pueda observar los profesores a los que está registrado el alumno.

En el caso de que el estudiante no esté registrado no le devolverá ninguna información y no podrá acceder a la misma.

El estudiante puede observar todos los profesores a los que está asignado, teniendo en cuenta el área en el que este se encuentre. Integrando el uso correcto y óptimo de la base de datos previamente cargada. Ver Fig. 6 y Fig. 7.

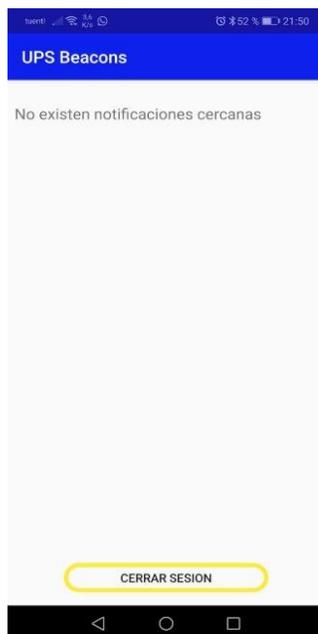


Fig. 6 Pantalla fuera del rango del Beacon



Fig. 7 Pantalla dentro del rango del Beacon

3) *Notificaciones:* Si la autenticación en Google Cloud en conjunto con la cédula de identidad del alumno es correcta, la aplicación desarrollada redireccionará a otra interfaz en la que obtiene la información del profesor seleccionado anteriormente, aquí puede estar un aviso o un documento académico.

Esto facilitará la interacción entre estudiante y profesor para el manejo de los avisos intempestivos que suelen ocurrir en el día a día, o también poder visualizar algún archivo académico de cualquier índole que sea de carácter obligatorio para el estudiante, un ejemplo práctico y útil es poder mostrar el plan analítico al estudiante. Ver Fig. 8.



Fig. 8 Notificaciones según profesor

A partir de lo antes mencionado, se realiza un análisis de funcionamiento de este con un Beacon simulado en un smartphone Samsung, realizando el mismo procedimiento de registro en la plataforma Google Cloud.

D. Análisis

El objetivo de este procedimiento es saber cómo reaccionan dos dispositivos Beacon juntos, ya que esto podría ocurrir, dado por el manejo de espacios dentro de las áreas en la Universidad Politécnica Salesiana esto con el fin de encontrar el lugar óptimo para el correcto funcionamiento de dos o tres dispositivos Beacon.

Este análisis se lo realiza teniendo juntos los dos Beacons, el físico y el simulado, a una distancia corta de centímetros tanto el uno como el otro, obteniendo el resultado de que el estudiante no tendrá problemas al momento de recibir la notificación tanto del Beacon físico como del simulado, pero se observó un inconveniente, el cual es que, al momento de que el estudiante pierda la conexión sea por estar fuera de rango o por haberse desconectado, este, al momento de volver a intentar recibir la conexión tendrá un lapso aproximado de 2 a 3 minutos en volver a recibir la información por parte del servidor, ocasionando problemas de tiempo para el estudiante.

Entonces tomando en cuenta el inconveniente anterior, se busca la opción de separarlos una distancia considerable óptima para el funcionamiento, la cuál es aproximada de 5 metros el uno del otro. En este caso no se tiene ningún problema dado que, el estudiante estará dentro del rango del Beacon del profesor al que esté interesado en consultar, en esta ocasión no tendrá ningún problema al recibir la información respectiva del servidor, acotando que podrá desconectarse y conectarse y no tener ningún inconveniente de tiempo, todo es de manera inmediata.

TABLA I
DISTANCIA ENTRE BEACONS

Distancias entre Beacons	
1 metro	Deficiente
3 metros	Deficiente
5 metros	Optima
10 metros	Optima

Como podemos observar se escogió la distancia óptima de 5 metros teniendo en cuenta las áreas dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, la cual serán en las que están las oficinas de los profesores.

IV. CASO DE APLICACIÓN

La aplicación de este prototipo se la realizó en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito campus Sur.

Se realizó un análisis previo de las distancias óptimas para que los Beacons funcionen correctamente, las cuales se detallan en el apartado III.D.

Con esto se toma como opción realizar un boceto aproximado de las distancias basándose en el aula del bloque G de la Universidad en la cual se requiere implementar para poder gestionar un Smart Campus. Se debe tener en cuenta que las medidas son aproximadas, pero en este caso se intenta demostrar que la distancia mínima para que funcione

correctamente sea 5 m esto con el fin de no tener ningún tipo de retraso en el momento de que el estudiante pueda obtener la información correspondiente de su profesor, esto se lo puede observar en detalle en la Fig. 9.

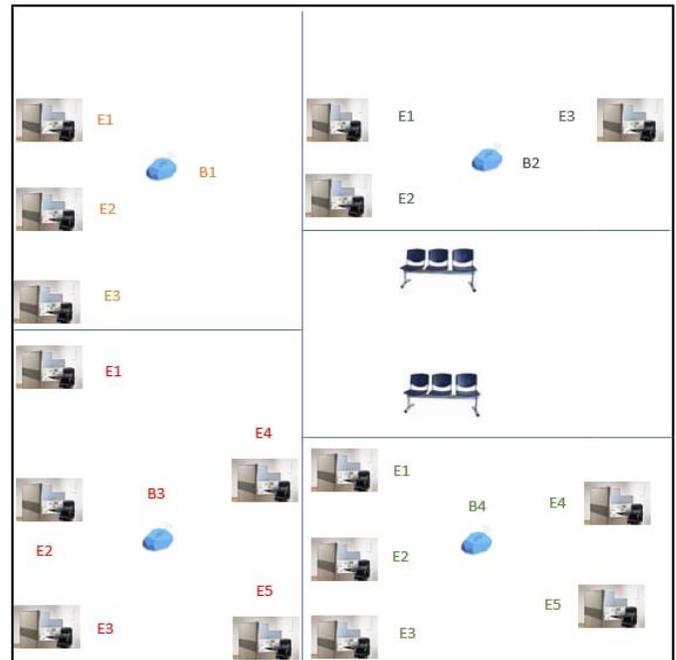


Fig. 9 Ubicación de los Beacons

En si podemos observar según los círculos, que no interfiere la señal de los Beacons entre sí, teniendo la factibilidad de que esta distancia es óptima para el propósito de este prototipo, solucionando las necesidades requeridas por el Smart campus, lo vemos más claro en la Fig. 10.

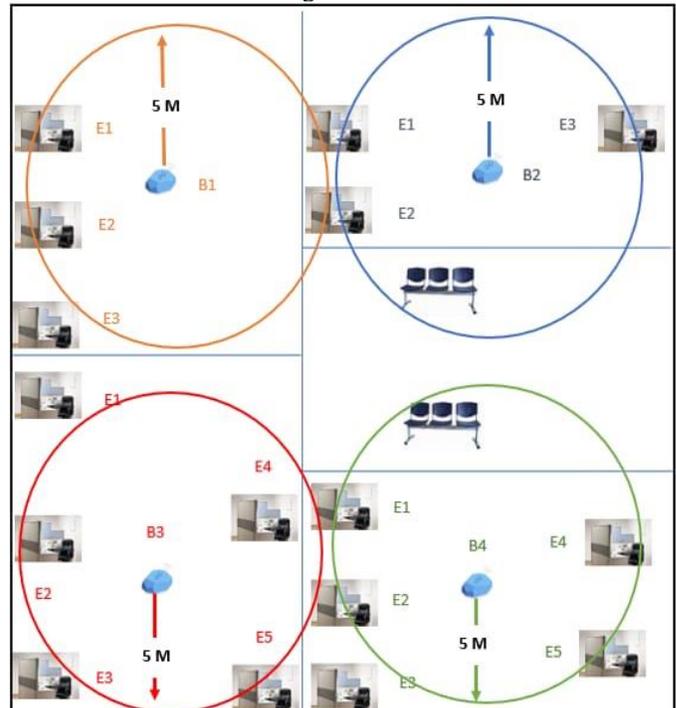


Fig. 10 Muestra de señales sin interferencias

Como se puede observar en la Fig. 10, no existe ningún cruce de información entre Beacons, esto debido a que cada Beacon va a tener la información requerida de los profesores que están ubicados en esa área.

Se debe tener en cuenta como ejemplo que la E1 del Beacon amarillo no está exenta de conexión, dado que podría conectarse al B1 tanto así como al B3, de hecho, se podría conectar a B1 pero dado que por orden de arquitectura cada área tendrá su Beacon para que obtenga información de los profesores dentro de esa área, esta imagen solo muestra los niveles óptimos para que no exista interferencia o cruce de información con respecto al tiempo de respuesta que existe cuando están dos Beacons juntos.

V. RESULTADOS

Una vez funcional el prototipo, se realiza las pruebas correspondientes para poder observar el respectivo funcionamiento de la aplicación, así como también, poder verificar el correcto manejo de las herramientas planteadas a lo largo del artículo, por lo tanto, cabe recalcar, que esto es luego de la conexión por medio de Bluetooth del dispositivo móvil con el Beacon.

Los resultados para el usuario final, que en este caso es el estudiante, se basan en dos apartados claros que son los siguientes:

- Visualización de un anuncio o comunicado instanciado en Google Cloud por parte del profesor al que el estudiante requirió consultar
- Visualización de un documento académico que el profesor puso en línea en Google Cloud para el uso correspondiente del estudiante que requiera conocer el contenido de dicho documento

Los resultados se han obtenido a partir del uso correcto de las herramientas de IoT, explotando de mejor manera estas, para el uso correcto de los estudiantes en relación con el tiempo que estos ahorran con respecto a la comunicación con el profesor.

Las pruebas se las ha realizado en un entorno local el cual se utiliza un servidor que esta instanciado y creado dentro de Google Cloud, así como los API necesarios para el correcto funcionamiento del Beacon dentro del campus en un área específica.

Además, se utiliza un Beacon Eddystone, uno simulado con un Smartphone con la ayuda de la aplicación Beacon Simulator y dos smartphones, uno Huawei y un Samsung para pruebas iniciales del correcto funcionamiento.

Tras realizar las respectivas pruebas con el Beacon, se obtiene lo siguiente:

Los Beacons fueron correctamente configurados e instanciados en la plataforma de Google Cloud.

Los estudiantes registrados son capaces de obtener autenticación por medio de su cedula de identidad.

Si el estudiante esta registrado en la base de datos MySQL que está dentro de la máquina virtual creada anteriormente, este no tiene ningún inconveniente al momento de poder obtener y enviar información al servidor.

Al momento de que el estudiante logra la autenticación, este es capaz de poder obtener la información requerida dentro de la aplicación en el smartphone.

En conclusión, queda demostrado que los estudiantes son capaces de obtener la información adecuada solo con ubicarse dentro del rango especificado por los Beacons.

VI. CONCLUSIONES

El estudio preliminar de IoT, investigación sobre dispositivos de proximidad tipo Beacons y el uso de algunas herramientas de Google Cloud, hizo posible el desarrollo del prototipo propuesto, el cual permitió la integración de Beacons con dispositivos móviles para la recepción de notificaciones.

Durante la investigación acerca de los dispositivos Beacons se concluye que estos dispositivos pueden ser integrados en casi cualquier campo, así como lo es la domótica, salud, etc. Siendo su punto fuerte el marketing y el uso de proximidad en remplazo del GPS en lugares bajo techo.

Con el uso de este prototipo un docente de la Universidad Politécnica Salesiana puede atender a varios alumnos a la vez, ya sea dando avisos o el uso de documentos en formato PDF.

Mediante el uso de este prototipo el docente puede estar o no presente en el lugar donde se encuentra el Beacon ya que al utilizar tecnologías de la nube como lo es GCP, el docente puede publicar ya sea un aviso o documento desde cualquier lugar que tenga conexión a internet.

Para finalizar, este proyecto ha demostrado la importancia que posee la tecnología de proximidad, mediante la interacción con el entorno que nos rodea por parte de los dispositivos que se utilizan en la vida cotidiana, también ha demostrado que es posible nuevas formas de comunicación aprovechando recursos como es el bluetooth de bajo consumo energético (BLE), haciendo posible una comunicación más eficiente y con menos recursos que con tecnologías anteriores.

REFERENCIAS

- [1] A. A. a. D. Jadav, «IEEE xplore,» 4 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/7503001>.
- [2] J. Lindh, Bluetooth Low Energy Beacons, Texas : Texas Instruments, 2015.
- [3] H. Elazhary, «ScienceDirect,» 4 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2230/science/article/pii/S1084804518303497>.
- [4] Y. Sun, Y. Xia, H. Song y R. Bie, «IEEE Xplore,» 23 Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/7064006>. [Último acceso: 23 Agosto 2019].
- [5] S. N. S. K. J. R. J. F. Sébastien Ziegler, «IEEE Xplore,» 16 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/7389087>. [Último acceso: 24 Agosto 2019].
- [6] H. Arif, H. Hajjdiab, F. A. Harbi y M. Ghazal, «IEEE Xplore,» 24 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/8821744>. [Último acceso: 16 Agosto 2019].

- [7] J. P. Laura, «Bullet Point. Tecnología Beacons en entornos universitarios,» *Universidad de La Laguna*, p. 6, 5 Junio 2016.
- [8] Google, «developers.google.com,» 2018. [En línea]. Available: <https://developers.google.com/Beacons/>.
- [9] J. B. Torrent, «Universidad de Jaén,» Enero 2016. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/10953.1/3752>.
- [10] U. Ozcan, A. Arslan, M. Ilkyaz y E. Karaarslan, «An augmented reality application for smart campus urbanization: MSKU campus prototype,» de *2017 5º Congreso y Feria Internacional de Estambul Smart Grid y Ciudades (ICSG)*, Estambul, Turquía, 2017.
- [11] Google Inc, «Codelabs Developers,» Google, 20 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://codelabs.developers.google.com/codelabs/hello-Beacons/index.html?index=..%2F..index#2>. [Último acceso: 23 Abril 2019].