



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO EDUCATIVO PARA EL  
APRENDIZAJE DE CONTENIDOS CURRICULARES DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES USANDO BEACONS

AUTOR

Juan Sebastián Peñaloza Marín

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO EDUCATIVO PARA EL APRENDIZAJE  
DE CONTENIDOS CURRICULARES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN  
TELECOMUNICACIONES USANDO BEACONS

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones

Profesor Guía

MBA. José Julio Freire Cabrera

Autor

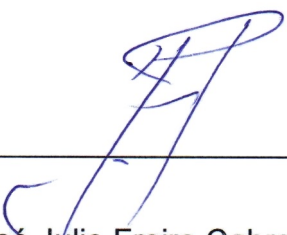
Juan Sebastián Peñaloza Marín

Año

2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Desarrollo de un prototipo educativo para el aprendizaje de contenidos curriculares de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones usando Beacons, a través de reuniones periódicas con el estudiante Juan Sebastián Peñaloza Marín, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"



---

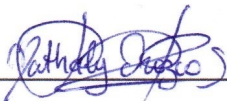
José Julio Freire Cabrera

Magíster en Gerencia Empresarial

CI: 1709731457

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Desarrollo de un prototipo educativo para el aprendizaje de contenidos curriculares de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones usando Beacons, del estudiante Juan Sebastián Peñaloza Marín, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



---

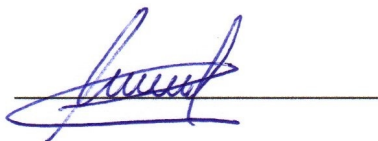
Nathaly Verónica Orozco Garzón

Doctora en Ingeniería Eléctrica en el Área de Telecomunicaciones y Telemática

CI: 1720938586

## DECLARACIÓN DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'Juan Sebastián Peñaloza Marín'.

Juan Sebastián Peñaloza Marín

CI: 1804709267

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia, compañeros y amigos que me brindó esta grandiosa etapa de formación profesional, a la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, perfectamente guiada por el Ing. Julito Freire, a la Universidad de Las Américas por toda su infraestructura tecnológica y docentes de calidad.

Un agradecimiento en especial a mi hermana Mary por haber sido un soporte familiar en los tiempos difíciles.

## DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación, y por ende mi profesión obtenida va dedicado a mi padre, madre, hermanas y sobrina, por el incondicional cariño, apoyo brindado y por haber formado en mi un hombre de bien.

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación busca dar a conocer los principales ejes curriculares de estudio que definen los resultados de aprendizaje a nivel inicial, medio y final de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Las Américas, para tal efecto se utilizaron dispositivos *Beacons*, mismos que emiten una señal única a través del protocolo *Bluetooth Low Energy* (BLE), dicha señal es receptada por un *Smartphone* en donde previamente se instaló una aplicación móvil desarrollada en el entorno de desarrollo integrado (IDE) de *Android Studio*.

El objetivo de la aplicación consiste en generar automáticamente una notificación cuando el dispositivo móvil del usuario se encuentra en el rango de cobertura de un *Beacon* y de esta manera direccionar a la página web en donde se ha recopilado los principales contenidos curriculares, videos de importancia, formularios entre otros, de cada materia integradora, este sitio a su vez fue desarrollado en un sistema de gestión de contenidos (CMS) gratuito y se despliega dentro de la aplicación móvil disponible para equipos con sistema operativo *Android*.

Finalmente, durante la etapa de pruebas del prototipo se logró demostrar que el presente proyecto facilita el proceso de aprendizaje en los estudiantes, de esta manera se corroboró que los *Beacons* orientados a la educación promueven el IoT en un centro educativo.

**Palabras clave:** Ingeniería en Telecomunicaciones, *Bluetooth Low Energy*, *Beacons*, CMS, sistema operativo *Android*.



## ABSTRACT

The present degree work seeks to publicize of the main curricular axes of study that define the learning results at initial, middle and final level of the Telecommunications Engineering career at the Universidad de Las Américas, for this purpose Beacons devices were used, same that emit a unique signal through the Bluetooth Low Energy (BLE) protocol, the signal is received with a Smartphone where a mobile application developed with the Integrated Development Environment (IDE) of Android Studio was previously installed.

The purpose of the application is to automatically generate a notification when the user's mobile device is in the range of coverage of a Beacon, and in this way linking to the website where the main curricular contents, videos of importance and forms have been collected for each integrative class, this site was developed in a free Content Management System (CMS) and is shown within the mobile app available for Smartphone with Android operating system.

Finally, during the prototype testing stage it was possible to demonstrate that this project facilitates the learning process in students, thus confirming that education-oriented Beacons promote IoT in an educational center.

**Keywords:** Telecommunications Engineering, Bluetooth Low Energy, Beacons, CMS, Android operating system.

# ÍNDICE

1. Introducción .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Alcance.....	2
1.3 Justificación .....	2
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo general .....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
2. Marco Teórico.....	3
2.1 Internet de las cosas (IoT) .....	4
2.2 Tecnologías en IoT .....	6
2.2.1 Impacto de IoT .....	7
2.3 Tecnología Bluetooth.....	8
2.3.1 Especificaciones o versiones de Bluetooth .....	9
2.3.2 Arquitectura y funcionamiento .....	11
2.3.3 Bluetooth Low Energy (BLE) .....	13
2.4 Dispositivos Beacons .....	14
2.4.1 Funcionamiento.....	15
2.4.2 Tecnología Beacons y principales características.....	17
2.4.3 Casos de uso comunes .....	18
2.5 Ejes de estudio que envuelven a la Ingeniería en Telecomunicaciones.....	19
2.5.1 Perfil de egreso .....	23
3. Dispositivos Beacons y herramientas utilizadas .....	24
3.1 Comparativa entre los principales Beacons del medio.....	24

3.1.1	Beacons de Estimote .....	24
3.1.2	Beacons de Kontakt.io .....	27
3.1.3	Otras marcas de Beacons .....	29
3.2	Protocolos usados por Beacons .....	29
3.2.1	Protocolo iBeacon .....	30
3.2.2	Protocolo Eddystone .....	31
3.2.3	Comparativa entre protocolos iBeacon y Eddystone.....	32
3.3	Selección de Beacons para el proyecto.....	33
3.4	Sistema de Gestión de Contenidos .....	34
3.4.1	CMS WordPress.....	36
3.5	Android Studio .....	37
3.5.1	Arquitectura de Android.....	38
3.5.2	Proyectos en Android Studio .....	40
4.	Desarrollo sitio web y aplicación móvil .....	41
4.1	Topología .....	41
4.2	Diseño sitio web .....	42
4.2.1	Creación .....	42
4.2.2	Herramientas del CMS .....	43
4.2.3	Contenido publicado.....	47
4.3	Configuración de Beacons Kontakt.io.....	48
4.3.1	Pruebas de funcionamiento.....	50
4.4	Diseño aplicación móvil .....	54
4.4.1	Diagrama de flujo .....	54
4.4.2	Diseño de Interfaz gráfica .....	55
4.4.3	Escaneo de Beacons .....	58
4.4.4	Notificación en Android .....	60
4.5	Aplicación desarrollada.....	62
5.	Pruebas de Aplicación.....	64

5.1 Pruebas en dispositivos Android.....	64
5.1.1 Instalación de APK y funcionamiento de la aplicación .....	65
5.2 Pruebas con la aplicación como método de enseñanza y aprendizaje virtual .....	70
6. Conclusiones y Recomendaciones. ....	77
6.1 Conclusiones .....	77
6.2 Recomendaciones.....	79
Referencias .....	81
Anexos .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases de la evolución del Internet.....	4
Figura 2. Mundo IoT .....	6
Figura 3. Dispositivos conectados en relacion con la población mundial .....	7
Figura 4. Arquitectura de Bluetooth.....	12
Figura 5. Modelo de comunicación BLE .....	13
Figura 6. Beacons de diferentes marcas.....	15
Figura 7. Página web para configuración de dispositivos.....	16
Figura 8. Proceso de conexión con un Beacon .....	17
Figura 9. Escenarios con tecnología de proximidad.....	18
Figura 10. Ejemplo para desarrollo de aplicaciones.....	19
Figura 11. Taller vivencial de Telecomunicaciones .....	22
Figura 12. Tecnología de proximidad de Estimote .....	25
Figura 13. Beacons del fabricante Estimote .....	26
Figura 14. Beacons del fabricante Kontakt.io.....	27
Figura 15. Panel de administración de Kontakt.io .....	28
Figura 16. Diversos fabricantes de Beacons.....	29
Figura 17. Modelo de comunicación iBeacon.....	30
Figura 18. Principales CMS existentes.....	34

Figura 19. Proceso de diseño para un sitio web utilizando CMS.....	35
Figura 20. Panel principal para configuración de un CMS .....	36
Figura 21. Arquitectura de Android.....	38
Figura 22. IDE de Android Studio.....	39
Figura 23. Archivos de un proyecto en Android Studio .....	40
Figura 24. Topología del proyecto.....	41
Figura 25. Proceso para el registro de dominio seleccionado .....	42
Figura 26. Ajustes de tema para personalización.....	43
Figura 27. Editor de páginas .....	44
Figura 28. Vista de menú elaborado .....	45
Figura 29. Biblioteca multimedia .....	46
Figura 30. Ejemplo de Plugin disponible .....	46
Figura 31. Capturas de pantalla de la interfaz gráfica del sitio.....	47
Figura 32. Más capturas de pantalla de la interfaz gráfica del sitio .....	48
Figura 33. Aplicación móvil de Kontakt.io.....	49
Figura 34. Configuración de Beacons desde Kontakt.io Panel.....	49
Figura 35. Sincronización de configuraciones de Kontakt.io Panel con aplicación móvil.....	50
Figura 36. Diagrama de bloques para el proceso de pruebas.....	51
Figura 37. Escaneo de Beacons con la aplicación Beacon Scanner.....	51

Figura 38. Configuraciones de características desde la aplicación móvil.....	52
Figura 39. Escaneo de Beacons con la aplicación nRF Connect.....	53
Figura 40. RSSI para configuraciones por defecto.....	53
Figura 41. Diagrama de flujo de la aplicación móvil .....	54
Figura 42. Dispositivos Android de destino .....	55
Figura 43. Selección de Actividad en Android Studio.....	56
Figura 44. Layout activity_main.xml .....	57
Figura 45. Layout activity_webview.xml .....	57
Figura 46. Icono personalizado para la aplicación .....	58
Figura 47. Selección paquetes de transmisión.....	59
Figura 48. Código fuente para escaneo de Beacons .....	59
Figura 49. Código fuente para notificación local en Android .....	60
Figura 50. Notificación local en Android .....	60
Figura 51. Código para desplegar un cuadro de dialogo en pantalla .....	61
Figura 52. Código WebView para visualizar la página web elaborada.....	61
Figura 53. Aplicación TeleBeacons Scanner.....	62
Figura 54. Solicitud para habilitar Bluetooth.....	63
Figura 55. Escaneo de Beacons con la aplicación móvil desarrollada .....	63
Figura 56. Visualización de página web desarrollada.....	64

Figura 57. Pruebas en equipo Samsung Galaxy Pocket Neo GT-S5310B Android 4.1.2.....	65
Figura 58. Pruebas en equipo Samsung Galaxy Grand Prime Duos SM- G530H/DS Android 4.3.....	66
Figura 59. Pruebas en dispositivo Huawei Y5 Lite 2018.....	67
Figura 60. Pruebas en dispositivo Huawei Y5 2018 modelo DRA - LX3.....	67
Figura 61. Pruebas de funcionamiento dispositivo Huawei Mate 10 Lite.....	68
Figura 62. Pruebas de funcionamiento dispositivo Sony Xperia.....	68
Figura 63. Pruebas de funcionamiento en dispositivo OnePlus 7.....	69
Figura 64. Pruebas de funcionamiento en dispositivo Xiaomi Mi 8 Lite.....	69
Figura 65. Estudiante interactuando con la aplicación desarrollada.....	70
Figura 66. Estudiantes de la asignatura Redes Ópticas interactuando con la aplicación móvil TeleBeacons Scanner.....	71
Figura 67. Estudiantes de Redes Ópticas realizando la practica de laboratorio con la ayuda de la aplicación TeleBeacons Scanner.....	72
Figura 68. Resultados encuesta pregunta 1.....	73
Figura 69. Resultados encuesta pregunta 2.....	73
Figura 70. Resultados encuesta pregunta 3.....	74
Figura 71. Resultados encuesta pregunta 4.....	74
Figura 72. Resultados encuesta pregunta 5.....	75



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fases de la evolución del Internet.....	5
Tabla 2. Especificaciones o versiones de Bluetooth. ....	9
Tabla 3. La arquitectura de alto nivel de Bluetooth. ....	12
Tabla 4. Ejes de estudio Ingeniería en Telecomunicaciones.....	20
Tabla 5. Características Proximity Beacons Estimote.....	26
Tabla 6. Características Smart Beacon SB18-3 de Kontakt.io. ....	28
Tabla 7. Trama de un anuncio iBeacon a través de BLE. ....	31
Tabla 8. Comparación de iBeacon vs Eddystone.....	32
Tabla 9. Estimote vs Kontakt.io.....	33

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes

Con el desarrollo de las telecomunicaciones se han creado nuevas necesidades de conectividad y acceso a dispositivos, por medio de las tecnologías de redes inalámbricas las mismas que han tenido un rápido e importante desarrollo en los últimos años, un ejemplo es la tecnología *Bluetooth* cuyo objetivo es la transmisión inalámbrica de datos entre diferentes dispositivos dentro de un radio específico de corto alcance (Pascual, 2012). Por ende, gracias a dicho avance tecnológico ha dado paso al surgimiento de la llamada inteligencia artificial la misma que se encuentra en auge actualmente gracias al Internet de las cosas (IoT).

El surgimiento de los denominados *Beacons*, ha permitido grandes mejoras en cuanto a cómo nos relacionamos con la tecnología, abarcando diversas áreas de aplicación como lo son la educación, turismo, marketing, realidad mixta y aumentada (Notibeacon, 2017). Los *Beacons* son pequeños dispositivos cuya tecnología está basada en el principio de transmisión *Bluetooth Low Energy* (BLE), el cual permite la comunicación automatizada y de bajo consumo entre transmisores (las llamadas balizas o *Beacons*) y receptores (dispositivos móviles), de modo que el contenido sea puesto a disposición por el receptor (Ryte Digital Marketing, s.f.)

La carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Las Américas (UDLA) se encuentra en el afán de innovar con una nueva metodología para la enseñanza virtual con la finalidad de integrar los contenidos curriculares que definen los resultados de aprendizaje a nivel inicial, medio y final de la carrera.

Así mismo otra oportunidad de aplicación de la tecnología BLE, se encuentra en el departamento de admisión de la UDLA ya que el mecanismo empleado para comunicar a los interesados o postulantes sobre una carrera universitaria es a través de información básica (años de estudio, título a obtener), por medio de infografías generalmente impresas, e información estática en su portal web, por

lo tanto, la aplicación de *Beacons* orientados al marketing de proximidad, sería a futuro una solución viable y económicamente factible.

## 1.2 Alcance

El presente proyecto de titulación busca desarrollar un prototipo orientado al aprendizaje de los contenidos curriculares de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones usando *Beacons*, donde el usuario podrá interactuar directamente con la información en una *fan page*, la misma que se encontrará en un sitio web.

Para tal efecto se requiere identificar cuáles son los ejes de estudio principales con sus respectivos contenidos curriculares que definen los resultados de aprendizaje a nivel inicial, medio y final de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones.

Posteriormente se describirá cual sería la estructura de la *fan page* óptima que permita cumplir con los resultados de aprendizaje de las materias integradoras, el sílabo, los contenidos principales, videos de importancia, formularios, la biografía de docentes y la posible bibliografía, entre otros.

Además, se buscará recoger la información de contacto y sugerencia de los futuros alumnos postulantes y usuarios en general que podrían acceder a los repositorios anteriormente mencionados mediante *Smartphones* gracias a la tecnología *Beacons*, especialmente en los diversos eventos realizados por la universidad.

## 1.3 Justificación

En la actualidad existen millones de personas que poseen un *Smartphone*, la influencia de estos dispositivos en la sociedad los ha convertido en el principal medio de comunicación para los seres humanos, por la diversidad de funciones que integran.

Al usar *Beacons* se ofrece una mejor experiencia para el usuario al recibir notificaciones directamente en su teléfono móvil, actualmente estos dispositivos son usados como mecanismos de marketing digital en centros comerciales al enviar notificaciones a los usuarios con promociones y descuentos de productos.

De esta manera la creación de una nueva metodología para la enseñanza virtual usando *Beacons* es totalmente factible gracias a que estos dispositivos permiten la integración de una variedad de aplicaciones en IoT, al ser una tecnología compatible con cualquier dispositivo con *Bluetooth*.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo para el aprendizaje de contenidos curriculares de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones usando *Beacons* para establecer comunicaciones con *Smartphones*.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Describir el uso de los dispositivos *Beacons* como herramientas tecnológicas que promueven el IoT.
- Recopilar los contenidos curriculares de la carrera, para ser publicados como material complementario y de ayuda para los estudiantes de la carrera.
- Desarrollar un sitio web donde se subirá la información previamente recopilada, correspondiente a los principales contenidos curriculares, videos de importancia, formularios, biografía de docentes, silabo académico y fuentes bibliográficas.
- Realizar pruebas con el prototipo educativo, como método de enseñanza y aprendizaje virtual.

## 2. Marco Teórico

En el presente capítulo se procede con la definición de las principales tecnologías que implican un proyecto IoT utilizando dispositivos *Beacons*, se

detalla el principio de funcionamiento de *Bluetooth* clásico y *Bluetooth LE*, además se realiza el levantamiento de la información de los ejes curriculares principales que envuelven a la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la UDLA.

## 2.1 Internet de las cosas (IoT)

Ocasionalmente se dice que el IoT comenzó entre los años 2008 y 2009, durante este período, el número de dispositivos conectados a Internet superó a la población mundial, por lo que se llegó a considerar una nueva era tecnológica a la que se denominó "*Internet of Things*" (Hanes, Salgueiro, Grossetete, Barton y Henry, 2017).

Para conocer cómo el IoT ha ganado importancia en la sociedad actual, es necesario destacar el papel que juega el Internet a lo largo de esta época tecnológica, en la figura 1 se puede observar cómo ha sido su evolución, misma que se establece en cuatro fases, cada una de ellas ha tenido un impacto social y empresarial al mejorar la productividad y ejecución de labores de manera más sencilla y automatizada, posteriormente estas cuatro fases se especifican en la tabla 1.

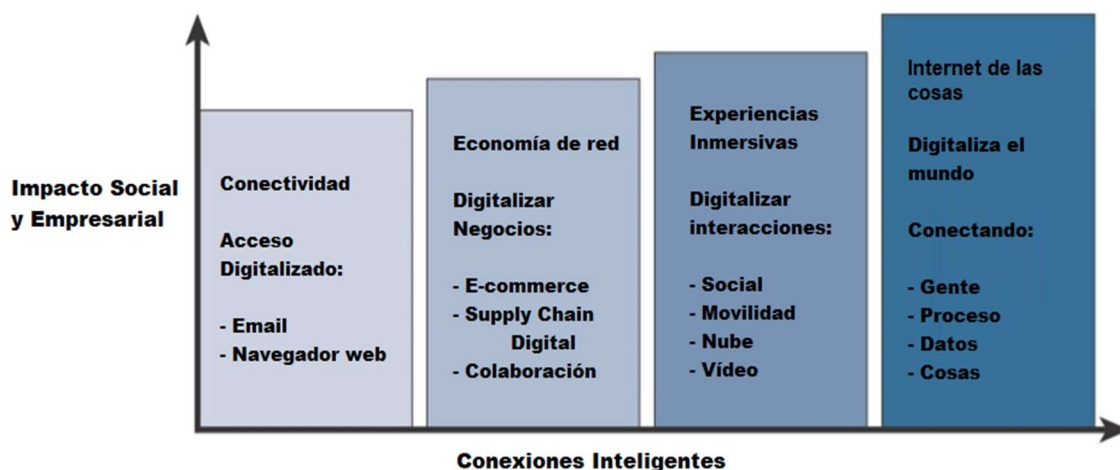


Figura 1. Fases de la evolución del Internet.

Adaptado de (Hanes et al., 2017).

Tabla 1.

Fases de la evolución del Internet.

<b>Fase de Internet</b>	<b>Definición</b>
Conectividad (Acceso digitalizado)	Esta fase conectó a las personas con el correo electrónico, los servicios web y buscadores para que se pueda acceder fácilmente a la información.
Economía de red (Negocios digitalizados)	Permitió el comercio electrónico ( <i>e-commerce</i> ) y mejoras en <i>Supply Chain</i> , junto con el compromiso de colaboración para lograr una mayor eficiencia en los procesos comerciales.
Experiencias inmersivas (Interacciones digitalizadas)	Amplió la experiencia de Internet para abarcar conectividad móvil ( <i>Smartphone</i> ), videos de alta resolución y redes sociales. Cada vez las aplicaciones se trasladan a la nube.
Internet de las cosas (Mundo digitalizado)	Está agregando conectividad a objetos y máquinas en el mundo que nos rodea para permitir nuevos servicios y experiencias.

Adaptado de (Hanes et al., 2017).

El objetivo de IoT es "conectar lo desconectado", mediante una transición tecnológica en la que los dispositivos permitirán detectar y controlar el mundo físico haciendo que los objetos sean más inteligentes al conectarse a través de una red inteligente (Hanes et al., 2017).

Esto significa que los objetos que actualmente no están unidos a una red informática (Internet) estarán conectados para que puedan comunicarse e interactuar con personas y otros objetos, permitiendo de esta manera a la sociedad y empresas alcanzar considerables mejoras en diversos campos, por ejemplo: análisis de datos óptimos, mayor productividad del personal, eficiencia y precisión, automatización de procesos y aplicaciones avanzadas. Es decir, el IoT al igual que el 5G marcaron un inicio para la "Cuarta revolución industrial".

## 2.2 Tecnologías en IoT

El avance de las redes de próxima generación (NGN) permite que el IoT como se observa en la figura 2, sea un lugar amplio y multidisciplinario, una fuente de varios conceptos, protocolos y tecnologías, diseñado para crear numerosos beneficios en la sociedad.



*Figura 2.* Mundo IoT.

Tomado de (Tripathy y Anuradha, 2018).

Los dispositivos en IoT, constan de sensores los cuales envían datos a un sistema informático a través de protocolos de comunicación inalámbrica de corto alcance, como *Bluetooth*, *Zigbee* o *WiFi*. El sistema informático procesa y envía al servidor central (nube) utilizando protocolos de comunicación inalámbrica de largo alcance como 3G, 4G, este último recopila los datos y toma decisiones para ser enviados al usuario final (Tripathy y Anuradha, 2018).

Por lo tanto, un sistema típico habilitado para IoT consta de sensores, sistema integrado, comunicación (inalámbrica), almacenamiento de datos a través de

Internet en un servidor en la nube, software de análisis para tomar decisiones y un dispositivo receptor (por ejemplo, un *Smartphone*).

### 2.2.1 Impacto de IoT

Las proyecciones sobre el impacto de IoT en el mundo son extraordinarias, en el año 2017 aproximadamente 14 mil millones de dispositivos estaban conectados a Internet. *Cisco Systems* predice para el 2020, este número alcanzará los 50 mil millones (50 billones). Un informe del gobierno del Reino Unido especula que este número podría ser aún mayor, en el rango de 100 mil millones de objetos conectados, generando de esta manera millones de dólares en ganancias económicas para empresas tecnológicas.

En figura 3 se puede observar que a partir del año 2008 la cantidad de objetos o dispositivos inteligentes conectados a Internet superó el número de habitantes a escala mundial, adoptando de esta manera una tasa de crecimiento enorme para infraestructura digital en el siglo XXI.

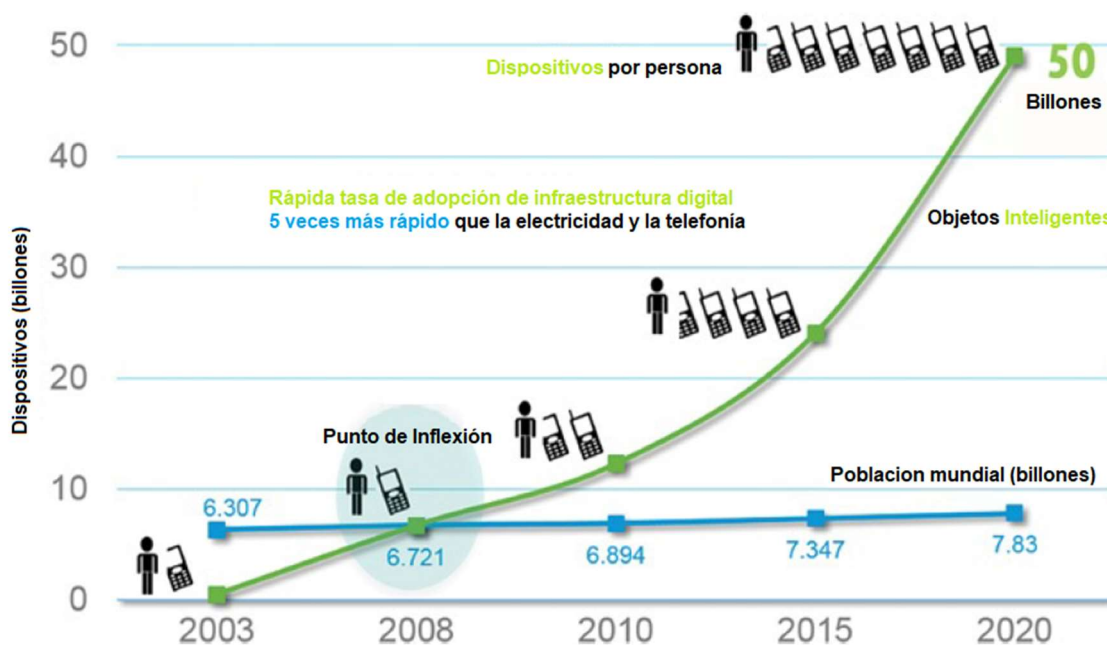


Figura 3. Dispositivos conectados en relación con la población mundial.

Adaptado de (Hanes et al., 2017).



Concretamente el significado de la figura anterior explica que el IoT cambiará la forma en que las personas y empresas interactúan con la tecnología. Ya que al poder gestionar y monitorear objetos inteligentes utilizando conectividad en tiempo real se permite un modelo de gestión completamente nuevo para la toma de decisiones basada en datos (*Big Data*). Esto a su vez da como resultado la optimización de sistemas tecnológicos y procesos ofreciendo innovación en servicios que ahorran tiempo tanto para las personas como para las empresas, generando de esta manera una notable mejora en la calidad de vida para la sociedad moderna (Hanes et al., 2017).

### 2.3 Tecnología Bluetooth

Es el estándar mundial orientado a la conectividad inalámbrica de corto alcance, al permitir que los dispositivos se comuniquen entre sí a través de enlaces de radio. Se originó como una tecnología principalmente encaminada a reemplazar los cables que conectan dispositivos. En la actualidad, el uso de la conexión *Bluetooth* ha crecido en una variedad de aplicaciones, gran parte de *Smartphones*, *Tablets* y computadoras modernas poseen el estándar, también se usa ampliamente en auriculares inalámbricos, parlantes, cámaras, impresoras, consolas de video juegos, equipos para automóviles, y muchos más (Gupta, 2016).

Algunas de las características de Bluetooth son:

- *Ad - hoc*
- Bajo consumo energético
- Corto alcance
- Seguridad
- Estándar mundial
- Facilidad para uso
- No necesita línea de visión
- No se ve afectado por la interferencia de obstáculos físicos
- Compatibilidad de funcionamiento ante diversas tecnologías inalámbricas

Desde su creación en 1994, por la empresa *Ericsson Mobile Communications*, la tecnología *Bluetooth* se ha sometido a una serie de evoluciones al formar parte del SIG (*Special Interest Group*), mismo que posee más de 30000 miembros, los cuales pueden hacer uso de esta tecnología en sus productos y servicios (Labiód, Afifi y De Santis, 2007).

### 2.3.1 Especificaciones o versiones de Bluetooth

La tabla 2 detalla como las especificaciones de *Bluetooth* han ido evolucionando desde su lanzamiento, al unir una amplia variedad de dispositivos informáticos, cada especificación u versión presenta mejoras a su antecesor.

Tabla 2.

Especificaciones o versiones de *Bluetooth*.

<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Características</b>
1.0 y 1.0 a	Julio, 1999	Primeras versiones de <i>Bluetooth</i> , su objetivo era reemplazar los cables mediante un enlace inalámbrico.
1.0 b	Diciembre, 1999	Agregó actualizaciones menores.
1.1	Febrero, 2001	Adoptó el estándar IEEE 802.15.1 - 2002
1.2	Noviembre, 2003	Se introdujo el AFH ( <i>Adaptive Frequency Hopping</i> ) para proporcionar resistencia a interferencia en entornos ruidosos.  Se agregó enlaces de tipo eSCO ( <i>Extended Synchronous Connection Oriented</i> ) para proporcionar una mejor calidad de voz. Se ratificó el estándar IEEE 802.15.1-2005.

		Esta fue la última versión emitida por IEEE, después de ello la tecnología <i>Bluetooth</i> evolucionó de forma independiente.
2.0 + EDR	Noviembre, 2004	Introdujo mejoras por medio de EDR ( <i>Enhanced Data Rates</i> ). Las versiones anteriores admitían un rendimiento de hasta 721 kbps. Esta versión aumentó a 2.1 Mbps.
2.1 + EDR	Julio, 2007	Esta versión trajo varias mejoras al agregar SSP ( <i>Secure Simple Pairing</i> ) para simplificar el mecanismo de emparejamiento y mejorar la seguridad.
3.0 + HS	Abril, 2009	Proporcionó un aumento significativo en el rendimiento al introducir el soporte para múltiples radios, se lo denominó MAC / PHY, alcanzando un máximo de hasta 24 Mbps, para lograr transferencias de datos a alta velocidad.
4.0	Junio, 2010	Esta versión fue en una dirección completamente diferente al dirigirse a los mercados donde la necesidad se orienta al bajo consumo energético. Surge el BLE.
4.1	Diciembre, 2013	Mejoró la función de BLE, esto fue útil para la integración con el Internet de las cosas.  Proporcionó soporte para la coexistencia con LTE (4G) ya que LTE puede ocupar frecuencias cercanas a las de <i>Bluetooth</i> .  Integró características nuevas de seguridad durante conexiones, evitando de esta manera que terceros puedan capturar información.
		Mejoró aún más la función BLE al permitir que los sensores accedan a Internet, reduciendo el

4.2	Diciembre, 2014	consumo energético, aumentando la seguridad y privacidad.  Aumentó la capacidad de transmisión de paquetes en diez veces, en relación con la versión anterior.
-----	--------------------	--

Adaptado de (Gupta, 2016).

Por medio de la rápida evolución y expansión del mercado IoT, las nuevas aplicaciones y el aumento de dispositivos que requieren conexiones inalámbricas, ha permitido el desarrollo de estándares para satisfacer las necesidades de la era IoT. El SIG no se queda atrás y por tal motivo lanzó la especificación 5.0 en diciembre de 2016. Este último estándar mejora considerablemente las características de ancho de banda, cobertura de hasta 200 metros, potencia de transmisión, eficiencia espectral y coexistencia (Snellman, Savolainen, Knaappila y Rahikkala, s.f.).

El *Bluetooth*, hoy en día es utilizado en la mayoría de los dispositivos inteligentes, gracias a su robustez y fiabilidad, las mejoras y características incorporadas en la versión 5.0 permiten el uso continuo y creciente de dispositivos en aplicaciones móviles, domésticas (domótica), automotrices, y muchas otras aplicaciones de IoT (Snellman et al., s.f.).

El estándar 5.0 tendrá un impacto fundamental en muchos sectores industriales y lo posicionará como la tecnología inalámbrica de bajo consumo energético preferido para el Internet de las cosas. Además, direcciona el camino para los *Beacons* de próxima generación, aplicaciones de audio avanzadas e incluso algunas aplicaciones para ciudades inteligentes (Woolley, 2017).

### 2.3.2 Arquitectura y funcionamiento

El proceso de comunicación por *Bluetooth* requiere dos cosas preliminares: primero se descubren los dispositivos y segundo se establece un circuito entre ellos, en base al principio maestro - esclavo.

La comunicación se basa en el maestro para armonizar las frecuencias y los canales. Dos dispositivos esclavos no pueden comunicarse directamente entre sí, excepto durante la fase de descubrimiento. La asignación de canales y el establecimiento de comunicación están bajo la responsabilidad del maestro el cual también asigna / bloquea el ancho de banda de la conexión (Labiód et al., 2007).

A continuación, en la figura 4 se puede observar la arquitectura de *Bluetooth*, sin embargo, la misma se detalla en la tabla 3.

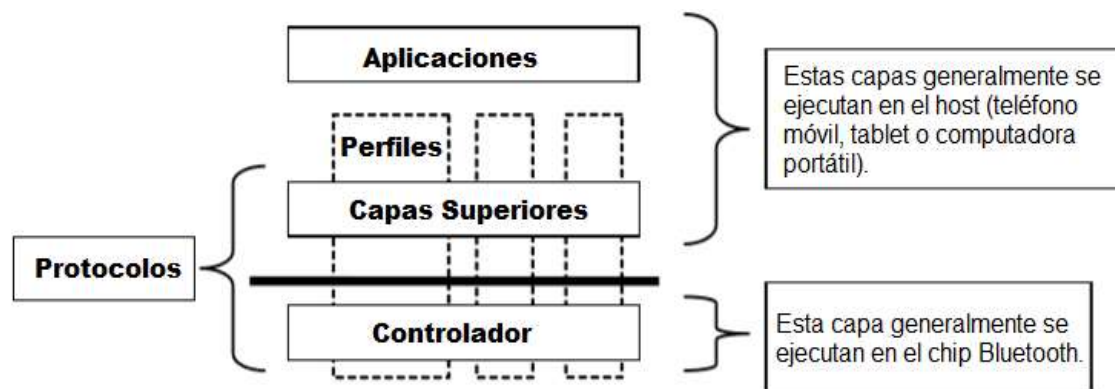


Figura 4. Arquitectura de *Bluetooth*.

Adaptado de (Gupta, 2016).

Tabla 3.

La arquitectura de alto nivel de *Bluetooth*.

Componente	Definición
Controlador	Realiza operaciones de bajo nivel como descubrimiento de dispositivos, conexiones e intercambio de paquetes. Generalmente se implementa en un chip.
Capas superiores	Estas capas hacen uso del controlador para proporcionar una funcionalidad más compleja como la emulación de puerto serie, transferencia de grandes fragmentos de datos en partes más pequeñas.

Perfiles	Proporcionan información de cada una de las capas del protocolo e implementan un modelo de uso específico. Los perfiles ayudan a garantizar que una implementación sea compatible entre diferentes proveedores, por lo tanto, deben ser probados y certificados antes de que un dispositivo pueda venderse en el mercado.
Aplicaciones	Interfaz hombre - máquina donde el usuario puede hacer uso de la funcionalidad <i>Bluetooth</i> .

Adaptado de (Gupta, 2016).

### 2.3.3 Bluetooth Low Energy (BLE)

Es una tecnología orientada al bajo consumo energético, en la figura 5 se puede observar cómo es el principio para su funcionamiento, el cual se basa en el modelo de conectividad *hub-and-spoke* para transmitir señales de radio entre dispositivos, donde uno de ellos actúa como "Central" en la terminología de *Bluetooth LE* y los otros dispositivos actúan como "Periféricos" (Gaitatzis, 2017).



Figura 5. Modelo de comunicación BLE.

Adaptado de (Betech, s.f.).

Dado que BLE divide el mundo en dispositivos periféricos y centrales, los dispositivos periféricos pueden ser objetos como sensores, por lo general, pequeños, de bajo consumo energético y con recursos limitados. Los dispositivos centrales son dispositivos como teléfonos móviles o computadoras portátiles, aunque generalmente también pueden funcionar en modo periférico (Allan, Coleman y Mistri, 2015).

Los periféricos actúan en dos modos: transmitiendo o conectándose directamente a un dispositivo central. El mecanismo de transmisión es una de las grandes diferencias entre BLE y *Bluetooth* clásico al permitir que el periférico envíe datos a cualquier dispositivo dentro del alcance, esto significa que un dispositivo periférico BLE no necesita "emparejarse" con un dispositivo central para transferir datos (Allan et al., 2015).

En el modo de transmisión, el periférico enviará periódicamente paquetes publicitarios, disponibles para cualquier dispositivo que los esté buscando, el paquete publicitario describe el dispositivo que se encuentra transmitiendo y sus capacidades, pero también es capaz de incluir información personalizada (Allan, (Allan et al., 2015).

Adicionalmente en BLE las conexiones son exclusivas, esto significa que un periférico no puede conectarse a más de un dispositivo central a la vez, esto quiere decir, cuando un dispositivo central se conecta a un periférico, el periférico dejará de anunciarse a otros dispositivos, por ende, no podrán verlo ni conectarse hasta que finalice la conexión que mantiene, sin embargo, mientras que un periférico solo puede conectarse a un dispositivo central, un dispositivo central puede conectarse a más de un periférico al mismo tiempo (Allan et al., 2015).

## 2.4 Dispositivos Beacons

Un *Beacon* es un pequeño dispositivo IoT que transmite repetidamente una sola señal (número de identificación único), por medio del protocolo *Bluetooth Low Energy* el cual proporciona una infraestructura para todo el ecosistema *Beacon*,

al ser un estándar para enviar datos en distancias cortas (Kontakt.io, s.f). El objetivo de esta señal es ser receptada por dispositivos como teléfonos inteligentes (*Smartphone*) y de tal manera activar o liberar una determinada acción.

La mayoría de los dispositivos *Beacons* utilizan pequeñas baterías de litio adaptadas para una larga duración, aunque también existen algunos que funcionan con energía continua vía USB.

Como se puede observar en la figura 6 los *Beacons* provienen de diversos fabricantes, formas, colores y funcionalidades.



Figura 6. Beacons de diferentes marcas.

Tomado de (MarTech Today, s.f.).

#### 2.4.1 Funcionamiento

Los proveedores de *Beacons* como por ejemplo *Kontak.io*, *Estimote*, *Radius Networks* entre otros, cuando el cliente adquiere estos dispositivos debe registrarse gratuitamente en la plataforma web donde se añaden los *Beacons* comprados mediante un “*Order ID*” propio de cada kit, en este sitio el usuario



puede administrar, configurar y actualizar todos los *Beacons* adquiridos, generalmente recomiendan realizar estas configuraciones por medio de la aplicación móvil para la sincronización directa por BLE, los cambios realizados en la aplicación automáticamente se visualizan en el sitio web y viceversa.

En la figura 7 se evidencia el web panel también conocido como *Estimote Cloud*, del kit “*Proximity Beacons*” de la marca *Estimote*, en este sitio el usuario desarrollador puede gestionar los niveles de potencia, así como los protocolos de transmisión de cada dispositivo *Beacon*.

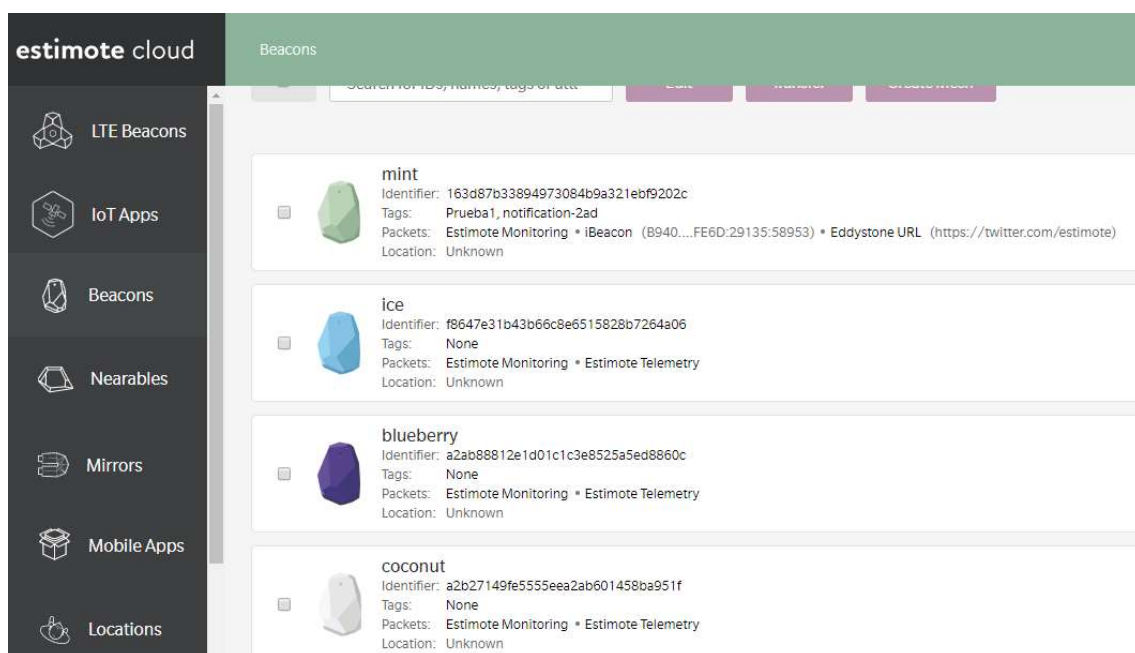


Figura 7. Página web para configuración de dispositivos.

El principio de funcionamiento de los *Beacons* es el BLE, el cual es una versión de *Bluetooth* que se introdujo originalmente en 2010, siendo vital, ya que permite el funcionamiento durante años con pequeñas baterías de litio. Al consumir menor cantidad de energía BLE es un importante promotor de proyectos en IoT, ya que permite que la tecnología dure más tiempo con piezas más pequeñas (Kontakt.io, s.f.).

El hardware de un *Beacon* es relativamente simple, pero la forma en que ocurren las acciones puede ser complicado. Cada sistema es diferente, pero en general

estos dispositivos envían sus números de identificación unas diez veces por segundo (a veces más, a veces menos, depende de la configuración).

En la figura 8 se observa el modelo de conexión o comunicación entre un *Beacon* con un teléfono inteligente habilitado con *Bluetooth*, este (*Smartphone*) a su vez capta la señal cuando una aplicación lo reconoce y de esta manera lo vincula una acción predeterminada o contenido almacenado en la nube (Kontakt.io, s.f.).



Figura 8. Proceso de conexión con un *Beacon*.

Adaptado de (kontakt.io, s.f.).

#### 2.4.2 Tecnología Beacons y principales características

Los *Beacons* de la actualidad surgieron con la introducción del protocolo *iBeacon* desarrollado por Apple en 2013, mismo que permite a los dispositivos *Bluetooth* transmitir bits de datos muy pequeños. Posteriormente al surgimiento de *iBeacon*, Google entró en escena y en 2015, lanzó *Eddystone*, como alternativa a *iBeacon*, desde entonces, *iBeacon* y *Eddystone* han gobernado el mercado de *Beacons* de proximidad (Kontakt.io, s.f.).

Suponiendo condiciones ambientales ópticas:

- Duración de la batería: La mayoría comienzan con una duración de batería entre 18 - 24 meses. Sin embargo, algunos con ciertos requisitos y usos

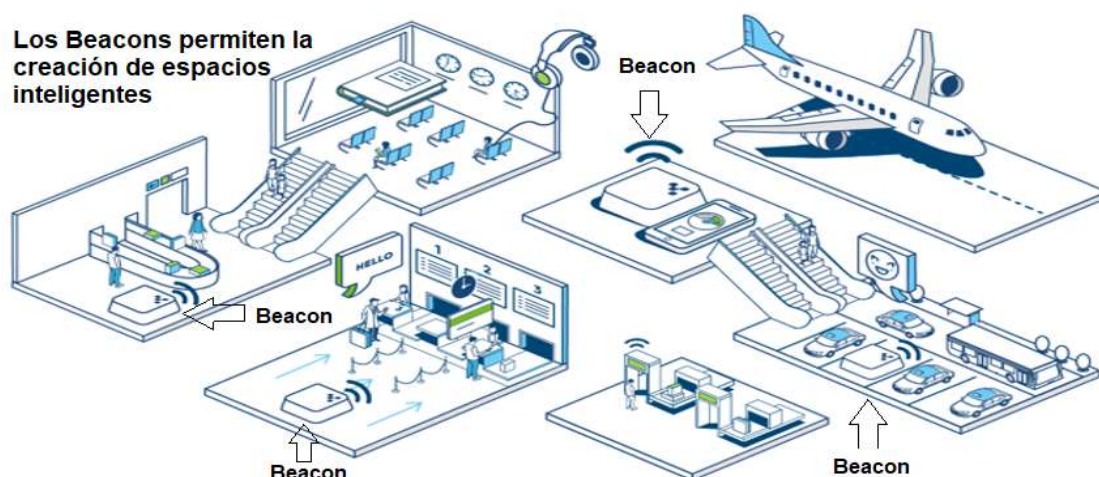
duran entre 6 y 8 meses, con capacidades de ahorro de energía pueden durar entre 3 a 5 años.

- **Compatibilidad:** Generalmente admiten ambos formatos (*iBeacon* y *Eddystone*), a veces, el propio formato del fabricante del hardware (como *AltBeacon*).
- **Frecuencia:** Depende del escenario específico de aplicación.
- **Potencia de transmisión:** Describe la distancia que se puede cubrir al transmitir datos. Esto puede ser tan pequeño como 1 - 5 metros, pero muchos alcanzan unos 50 - 90 metros.

Todas estas características se las puede configurar por medio de la aplicación móvil o web panel del fabricante, una adecuada configuración de potencia de transmisión permite una prolongada durabilidad de la batería, por ejemplo, con una potencia Tx de -12 dBm a un intervalo de 350 ms, se estima una duración de batería para 50 meses, en los *Smart Beacon SB18-3* de *Kontakt.io*.

### 2.4.3 Casos de uso comunes

Como se puede observar en la figura 9, la tecnología de proximidad está causando impacto en espacios transitados (supermercados, oficinas, aeropuertos, entre otros).



**Figura 9.** Escenarios con tecnología de proximidad.

Adaptado de (kontakt.io, s.f.).

A continuación, se detallan algunos de los escenarios de uso, recalcando que se pueden dar varias aplicaciones con dispositivos *Beacons*, como se observa en la figura 10.

- Rastreo de productos: Es uno de los casos de uso más prácticos, para conocer exactamente dónde están las mercancías en un momento dado.
- Navegación: Lo que Google Maps realiza para el exterior, los *Beacons* pueden hacer para el interior, al informar al usuario dónde está y hacia dónde se dirige.
- Interacción: Los *Beacons* pueden automatizar acciones y liberar eventos.
- Seguridad: Al enviar notificaciones a los usuarios, se pueden aplicar a la seguridad laboral como por ejemplo en el caso de una fábrica para alertar a los trabajadores sobre eventos peligrosos.
- Análisis: Los *Beacons* ayudan a generar análisis de datos.



*Figura 10.* Ejemplos para desarrollo de aplicaciones.

Tomado de (Arelav, s.f.).

## 2.5 Ejes de estudio que envuelven a la Ingeniería en Telecomunicaciones

En esta sección se han identificado cuáles son los ejes de estudio principales que comprenden a la Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Las Américas. En la tabla 4, se definen los ejes de estudio identificados, junto

con sus respectivas materias integradoras, semestre y RdA (Resultados de Aprendizaje) correspondiente.

Tabla 4.

Ejes de estudio Ingeniería en Telecomunicaciones.

Eje de conocimiento	Materia(s) integradora	RdAs
Electrónica	Hardware para Sistemas de Comunicación  (Quinto Semestre)  Nivel de RdA: Medio	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza los componentes que intervienen en un sistema de comunicación.</li> <li>2. Aplica lenguaje de programación de alto nivel para controlar periféricos de comunicación.</li> <li>3. Diseña soluciones electrónicas utilizando protocolos de comunicación.</li> <li>4. Trabaja de manera colaborativa para contribuir a un proyecto de la comunidad.</li> </ol>
Teoría de Comunicaciones	Teoría Electromagnética  (Cuarto Semestre)  Nivel de RdA: Inicial	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza los fenómenos de la electrostática con el uso de herramientas matemáticas del cálculo vectorial para comprender el comportamiento de los sistemas electromagnéticos.</li> <li>2. Aplica modelos físico matemáticos de los campos electromagnéticos para entender el comportamiento de las ondas electromagnéticas.</li> </ol>
Radiocomunicaciones	Propagación y Antenas  (Sexto Semestre)  Nivel de RdA: Medio	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Describe con fundamento teórico el funcionamiento y aplicación de los tipos de antenas con sus respectivos elementos.</li> <li>2. Conoce los conceptos de propagación en canales inalámbricos.</li> <li>3. Diseña antenas utilizando modelos teóricos y software de simulación.</li> </ol>

	<p>Comunicaciones Inalámbricas</p> <p>(Séptimo semestre)</p> <p>Nivel de RdA: Final</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selecciona técnicas y tecnologías inalámbricas de forma adecuada en función de los requerimientos de las redes de telecomunicaciones.</li> <li>2. Diseña sistemas inalámbricos para brindar diferentes servicios de comunicaciones utilizando el canal de una manera eficiente.</li> <li>3. Analiza el desempeño de un sistema de comunicaciones inalámbrico utilizando modelos teóricos y software de simulación.</li> </ol>
Redes de Telecomunicaciones	<p>Comunicaciones Ópticas</p> <p>(Octavo Semestre)</p> <p>Nivel de RdA: Final</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entiende los fundamentos teóricos y los componentes un Sistema de Transmisión Óptica.</li> <li>2. Analiza el desempeño de un sistema de comunicaciones óptico utilizando modelos teóricos y prácticos de laboratorio.</li> <li>3. Diseña sistemas ópticos para brindar diferentes servicios de comunicaciones considerando diferentes parámetros, elementos y fenómenos producidos en este tipo de sistemas.</li> </ol>
	<p>Sistema de Comunicación Satelital</p> <p>(Octavo Semestre)</p> <p>Nivel de RdA: Final</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Describe la arquitectura de redes satelitales y características técnicas de operación de la estación terrestre y segmento espacial.</li> <li>2. Diseña un enlace de comunicación satelital para un caso de estudio de un servicio convergente.</li> </ol>
	<p>Redes Celulares</p> <p>(Octavo Semestre)</p> <p>Nivel de RdA: Final</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Distingue los componentes y arquitecturas usadas en una red celular.</li> <li>2. Emplea criterios de ingeniería para planificar el despliegue de una red celular.</li> <li>3. Aplica criterios técnicos para la instalación de estaciones de telefonía celular mediante el análisis del desempeño utilizando</li> </ol>

		modelos matemáticos y software de simulación.
	Redes I (Sexto Semestre)  Nivel de RdA: Medio	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifica los modelos de comunicación TCP/IP y OSI.</li> <li>2. Implementa redes de datos basados en protocolos y estándares de comunicación.</li> </ol>

Adaptado de (Universidad de las Américas, s.f.).

Las materias correspondientes a cada eje de estudio han sido consideradas en base al análisis de la malla curricular de la Ingeniería en Telecomunicaciones, ya que cada una agrupa los diversos contenidos curriculares de sus antecesoras.

En la figura 11 se evidencia que la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la UDLA brinda un perfil profesional que cumple con las actuales y potenciales necesidades de comunicación para la sociedad moderna.



Figura 11. Taller vivencial de Telecomunicaciones.

Tomado de (Universidad de las Américas, s.f.)

### 2.5.1 Perfil de egreso

*El Ingeniero en Telecomunicaciones de la Universidad de Las Américas es un profesional competente, emprendedor y con visión internacional-global, capaz de desarrollar proyectos de sistemas de telecomunicaciones a través del conocimiento integral del procesamiento, transmisión y recepción de información por medios guiados e inalámbricos, para satisfacer las necesidades de comunicación de usuarios y organizaciones, basados en la excelencia, ética y compromiso social.*

*El Ingeniero diseña, implementa y optimiza sistemas de telecomunicaciones y de innovación tecnológica basados en los medios de transmisión, dispositivos transmisores y receptores. Dimensiona las redes de acceso y transporte, tanto fijas como móviles, con base en los parámetros de tráfico asociados a la operación de los servicios de voz, datos, audio y video, bajo el marco regulatorio nacional y con estándares internacionales. Optimiza recursos de redes y servicios a través del uso de herramientas y tecnologías para la gestión de proyectos y redes de telecomunicaciones. El egresado de la carrera, conjuntamente con su título profesional alcanza el grado de Ingeniero en Telecomunicaciones.*

*Se espera que el Ingeniero en Telecomunicaciones continúe con su formación académica, que aplique el marco legal vigente, que emplee sus conocimientos de formación integral de una manera responsable y que se comprometa con el desarrollo del país.*

*El graduado de Ingeniería en Telecomunicaciones:*

- *Resuelve problemas y necesidades de innovación tecnológica en el sector de las telecomunicaciones a partir de fundamentos físicos, matemáticos y electrónicos.*
- *Diseña e implementa sistemas de telecomunicaciones cumpliendo con el marco regulatorio nacional y con los estándares internacionales.*



- *Dimensiona las redes de acceso y transporte, con base a los parámetros de tráfico asociados a la operación de los servicios de telecomunicaciones.*
- *Optimiza recursos de redes y servicios de telecomunicaciones, mediante el uso de métodos y herramientas de las tecnologías de la información y comunicación.*
- *Gestiona proyectos de telecomunicaciones a través de herramientas administrativas. (Universidad de las Américas, s.f.)*

### 3. Dispositivos Beacons y herramientas utilizadas

En este capítulo se realiza una comparativa de los proveedores de dispositivos *Beacons*, *Kontakt.io* y *Estimote*, el análisis de los protocolos *iBeacon* y *Eddystone* de BLE. Además, se explican las herramientas que intervienen en el proceso de solución como *Android Studio* y el sistema de gestión de contenido (CMS) *WordPress*.

#### 3.1 Comparativa entre los principales Beacons del medio

Con el surgimiento de la tecnología de proximidad presente en los dispositivos *Beacons* y su impacto en el mercado iniciado por Apple con el protocolo *iBeacon* en el 2013, han ido creciendo en popularidad debido a que son muchas las personas y empresas que apuestan por ellos para iniciar un proyecto inteligente. (Ligero, 2018).

##### 3.1.1 Beacons de Estimote

*Estimote* es una empresa estadounidense orientada al trabajo con redes de sensores y dispositivos IoT de bajo consumo energético. Fundada en 2012, en la actualidad cuenta con su presencia en Nueva York, San Francisco e incluso en la unión europea con una sede en la ciudad de Cracovia, Polonia.

Desde su fundación, *Estimote* ha respaldado con éxito a sus clientes en todo el mundo, ayudándoles a crear prototipos para cualquier tipo de aplicación gracias

al *Software Development Kit* (SDK) de proximidad que poseen los *Beacons* de esta marca, además cuenta con alrededor de 100 mil desarrolladores como miembros de su comunidad (Estimote, Inc, s.f.).

Los *Beacons* de *Estimote* son pequeños dispositivos que transmiten una señal *Bluetooth* que pueden recoger los dispositivos cercanos (generalmente un teléfono inteligente). Sin embargo, el verdadero poder de estos *Beacons* reside en el sofisticado software (tecnología de proximidad) que poseen permitiendo al usuario crear aplicaciones para casi cualquier tipo de uso (Community Estimote, Inc, s.f.)

En la figura 12, se puede observar el funcionamiento de la tecnología de proximidad de los *Beacons Estimote*, donde el usuario final interactúa directamente con las acciones liberadas por estos dispositivos desde una aplicación móvil.



*Figura 12.* Tecnología de proximidad de *Estimote*.

Adaptado de (Community Estimote, Inc, s.f.)

A continuación, en la tabla 5, se muestran las características del kit "*Proximity Beacons*".

Tabla 5.

Características *Proximity Beacons Estimote*.

Característica	Detalle
Bluetooth	4.2 y 5.0
Duración Batería	2-3 años
Alcance máximo	100 metros
Dimensiones (alto, largo, ancho)	69 x 46 x 25 mm
Peso	86 g
Protocolos	<i>iBeacon. Eddystone-URL / UID. Estimote Monitoring. Secure Monitoring</i>
Sensores incorporados	Acelerómetro, temperatura, luz ambiental
Lenguajes de programación	<i>Objective-C. Swift. Java. Kotlin</i>
Kit de desarrollo	<i>Proximity SDK</i>

Adaptado de (Community Estimote, Inc, s.f.).

En la figura 13 se aprecian los *Beacons* de *Estimote*, en su interior poseen una antena en la parte superior de la placa, procesador 64 MHz ARM Cortex-M4F, memoria Flash de 512 kB, RAM de 64 kB, sensores y una batería de 2200 mAh.



Figura 13. Beacons del fabricante Estimote.

Tomado de (Community Estimote, Inc, s.f.)

### 3.1.2 Beacons de Kontakt.io

Esta empresa se fundó en 2013 con el objetivo de ayudar a discapacitados visuales para transitar en espacios con mayor facilidad. Hoy en día, son un proveedor global líder en tecnologías de proximidad.

Los productos de *Kontakt.io* se encuentran digitalizando el mundo físico, poseen herramientas de gestión de infraestructura que ayudan a las empresas a crear aplicaciones para mejorar la experiencia del cliente. Además de eso, *Kontakt.io* brinda la tecnología necesaria para optimizar los recursos y aprovechar al máximo los *Beacons* (Kontakt.io, s.f.).

En la figura 14 se observa un *Smart Beacon SB18-3* estos dispositivos se los puede adquirir de color blanco o negro. En su interior poseen una duradera batería de 2000 mAh tipo dióxido de litio y manganeso en forma de moneda modelo CR 2477, en su placa base se encuentra la antena de transmisión, procesador Nordic nRF52832, memoria DataFlash y sensores incorporados.



Figura 14. Beacons del fabricante Kontakt.io.

Tomado de (Kontakt.io, s.f.)

Para mayor detalle, en la tabla 6, se muestran las características de los dispositivos *Smart Beacon SB18-3*

Tabla 6.

Características *Smart Beacon SB18-3* de *Kontakt.io*.

Característica	Detalle
Bluetooth	4.2 y 5.0
Duración Batería	4 – 5 años
Alcance máximo	70 metros
Dimensiones (alto, largo, ancho)	56 x 55 x 15 mm
Peso	35 g
Protocolos	<i>iBeacon, Eddystone, Kontakt TLM</i>
Sensores incorporados	Acelerómetro, Temperatura.
Niveles de potencia	-20dBm, -16dBm, -12dBm, -8dBm, -4dBm, 0dBm, 4dBm
Temperatura de funcionamiento	-20 ° C + 60 ° C

Adaptado de (Kontakt.io, s.f.).

Kontakt.io posee su propio portal de configuración web conocido como “*Kontakt.io Panel*”, este sitio se lo puede evidenciar en la figura 15.

The screenshot shows the Kontakt.io web interface. The top navigation bar includes the Kontakt.io logo, a search bar, and links for SUPPORT and DEVELOPERS. The left sidebar contains a menu with items: DASHBOARD, LOCATIONS (with a sub-item 'Location list'), BEACONS (with a sub-item 'Overview' and 'Beacon list' highlighted), GATEWAYS, and TRIGGERS. The main content area is titled 'Beacon list' and features several filter dropdowns: PRODUCT, FIRMWARE, BATTERY, and LAST SEEN. Below these filters are action buttons: BULK EDIT, ASSIGN, REMOVE, and CSV. A table displays the beacon data with columns: No., ID (Name), Product, Profile, Tags, Battery, Notes, Location, and TX Power. Two beacons are listed:

No.	ID (Name)	Product	Profile	Tags	Battery	Notes	Location	TX Power
1.	JtFGV3 (ElecTele)	Smart Beacon SB18-3	E	iB	100%	Electró...		3
2.	JtSZM8 (RedTele)	Smart Beacon SB18-3	E	iB	100%	Redes ...		3

Figura 15. Panel de administración de *Kontakt.io*.

### 3.1.3 Otras marcas de Beacons

Los *Beacons* aprovechan los protocolos existentes para establecer comunicaciones, por un lado, está *iBeacon* de Apple por otro está Google con su proyecto de código abierto *Eddystone*, y también se encuentra el protocolo *AltBeacon* desarrollado por la empresa *Radius Networks*. Todas estas tecnologías permiten el desarrollo de diversas aplicaciones que buscan explotar las capacidades de los *Beacons* (3R Industria 4.0, s.f.).

Como se puede observar en la figura 16, existen varios fabricantes de *Beacons*, haciendo énfasis que en la actualidad se puede desarrollar todo tipo de aplicaciones y la posibilidad para la ejecución de proyectos tecnológicos con estos dispositivos es sorprendente.



Figura 16. Diversos fabricantes de Beacons.

Adaptado de (3R Industria 4.0, s.f.)

### 3.2 Protocolos usados por Beacons

Como se ha mencionado en las secciones anteriores, los *Beacons* independientemente del fabricante basan su funcionamiento principalmente en

los protocolos *iBeacon* de Apple y *Eddystone* de Google. En este punto se explica el funcionamiento de estas dos tecnologías.

### 3.2.1 Protocolo iBeacon

*iBeacon*, es un estándar para posicionamiento en interiores introducido por Apple Inc., originalmente en iOS 7 y compatible con Android. Permite el reconocimiento de ubicación para aplicaciones, al aprovechar el *Bluetooth Low Energy* (Lancom Systems, s.f.).

A raíz de esto, diversas y grandes compañías comenzaron a desarrollar herramientas que interactúan con *iBeacon*, generando distintas soluciones, como se puede observar en la figura 17, para el desarrollo de aplicaciones basadas en sensores de proximidad BLE. Hoy en día es uno de los estándares más importantes (Developer Apple Inc, s.f.).

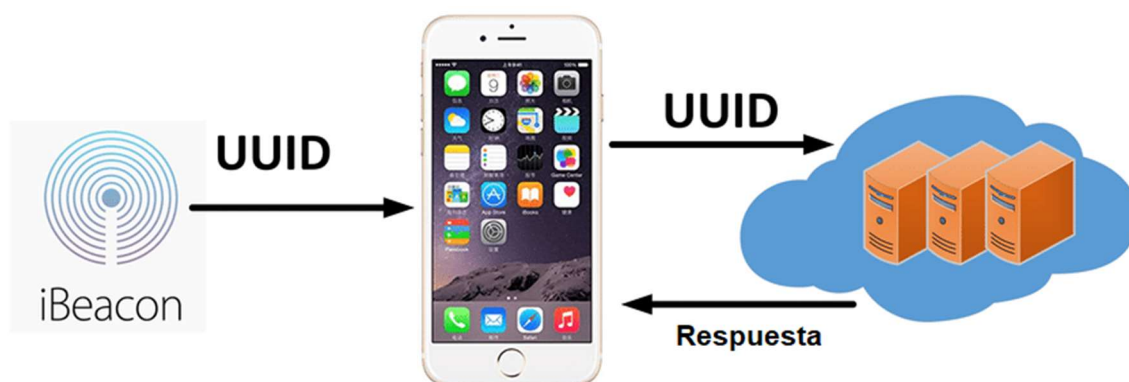


Figura 17. Modelo de comunicación iBeacon.

Adaptado de (ResearchGate, s.f.).

El proceso de comunicación de iBeacon consiste en transmitir señales de radio a través de BLE. Al hacerlo, transmite un UUID (Identificador Universalmente Único) así como, una identificación *Major* y una identificación *Minor*, campos que se detallan en la tabla 7. Estas señales son reconocidas por el sistema operativo de los dispositivos, que luego activan automáticamente una determinada aplicación (Lancom Systems, s.f.).

Tabla 7.

Trama de un anuncio *iBeacon* a través de *Bluetooth Low Energy*.

<b>Campo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
UUID	16 bytes	Los desarrolladores de aplicaciones deben definir un UUID específico para la aplicación.
<i>Major</i>	2 bytes	Especifica un <i>iBeacon</i> específico y un caso de uso.
<i>Minor</i>	2 bytes	Permite una mayor subdivisión, especificado por el desarrollador de la aplicación.

Adaptado de (Developer Apple Inc, s.f.)

### 3.2.2 Protocolo Eddystone

*Eddystone* es un proyecto de código abierto desarrollado por Google. A diferencia de *iBeacon*, tiene soporte oficial para iOS y Android.

Un *Beacon* configurado con este protocolo según el fabricante puede emitir uno o varios de los siguientes tipos de paquetes que se listan a continuación (González, 2017 ).

- *Eddystone-UID*: Contiene un identificador de un *Beacon*.
- *Eddystone-URL*: Contiene una URL.
- *Eddystone-TLM*: Emite los paquetes anteriores y contiene el estado de salud de un *Beacon* (por ejemplo, el nivel de batería).
- *Eddystone-EID*: Contiene un identificador encriptado que cambia periódicamente.

*Eddystone* está diseñado para permitir una amplia gama de funcionalidades, relacionadas con la proximidad y la ubicación. De tal modo que Google trabaja con proveedores de toda la industria de *Beacons* para fomentar la interoperabilidad de los *Beacons* en dispositivos Android y iOS (Developers Google, s.f.).



De esta manera, *Eddystone* se desarrolla independientemente con el aporte y la colaboración de varios fabricantes de *Beacons*, haciendo énfasis en la interoperabilidad y la robustez. Los *Beacons* que admiten *Eddystone* se pueden aprovisionar utilizando herramientas compatibles de cualquier fabricante (Developers Google, s.f.).

### 3.2.3 Comparativa entre protocolos iBeacon y Eddystone

En la tabla 8, se realiza una comparativa de los protocolos *iBeacon* y *Eddystone* presentes en la tecnología *Beacons*.

Tabla 8.

Comparación de *iBeacon* vs *Eddystone*.

<b>iBeacon</b>	<b>Eddystone</b>
Desarrollado por Apple en 2013	Desarrollado por Google en 2015.
Compatible con Android y iOS, soporte para Apple	Compatible con Android y iOS, soporte para ambas plataformas.
Transmite un <i>frame</i> de tipo UUID	Generalmente según el fabricante puede transmitir 3 <i>frames</i> : UID, URL y TLM y en algunos <i>Beacons</i> también el modo seguro EID.
Protocolo propietario de Apple	Protocolo <i>open source</i> .
Necesita de aplicación móvil para interactuar con los <i>Beacons</i>	Necesita de aplicación móvil para interactuar con los <i>Beacons</i> . Anteriormente hasta diciembre de 2018 se podía interactuar sin aplicación móvil por medio del perfil <i>Eddystone-URL</i> al usar el navegador <i>Physical Web</i> de Google Chrome, pero Google dio de baja este servicio.

### 3.3 Selección de Beacons para el proyecto

Dentro de la variedad de proveedores de *Beacons* existentes, los que destacan son las empresas *Estimote* y *Kontakt.io* al ser pioneras en esta industria. En la tabla 9 se realiza un análisis de características de los *Beacons* (*Proximity Beacons* y *Smart Beacon SB18-3*) que ofertan estas dos empresas.

Tabla 9.

*Estimote vs Kontakt.io.*

<b>Característica</b>	<b>Estimote</b>	<b>Kontakt.io</b>
Bluetooth	4.2 y 5.0	4.2 y 5.0
Duración Batería	2-3 años	4 – 5 años
Alcance máximo	100 metros	70 metros
Dimensiones (alto, largo, ancho)	69 x 46 x 25 mm	56 x 55 x 15 mm
Peso	86 g	35 g
Protocolos	<i>iBeacon, Eddystone URL, UID, Estimote Monitoring, Secure Monitoring</i>	<i>iBeacon, Eddystone UID, URL, TLM, EID.</i>
Sensores incorporados	Acelerómetro, Temperatura	Acelerómetro, Temperatura
Niveles de potencia	-30dBm a 4dBm	-20dBm, -16dBm, -12dBm, -8dBm, -4dBm, 0dBm, 4dBm
Batería Reemplazable	Si	Si
SDK	<i>Proximity SDK</i>	<i>Kontatk.io SDK</i>
Precio	<i>Proximity Beacons, 4 dispositivos en \$ 99</i>	<i>3 Beacons en \$ 96 (incluye: Infrastructure Management + Data Streams)</i>

Los *Beacons* que serán utilizados corresponden a la marca de *Kontakt.io*, ya que el tiempo de duración de sus baterías con configuraciones por defecto alcanzan hasta los 5 años mientras que en los *Beacons* de *Estimote* es inferior a los 3 años, además, los tiempos de entrega de sus productos es considerablemente mejor en relación con la empresa *Estimote*.

### 3.4 Sistema de Gestión de Contenidos

En un principio, desarrollar sitios web solía resultar un proceso complicado y laborioso. Las primeras páginas se desarrollaban con editores básicos, si bien es cierto que evolucionaron rápidamente e incorporaron nuevas herramientas, la realidad es que estaban enfocados a la creación mas no al mantenimiento. Precisamente de esa necesidad para facilitar el mantenimiento de los sitios web surgieron en los últimos años una variedad de sistemas para la gestión de contenidos (CMS).

Dichos CMS en la actualidad permiten crear y mantener un sitio web dinámico con mayor facilidad sin poseer un conocimiento experto en programación web. En la figura 18, se observa algunos de los CMS existentes en el mercado con la particularidad de que estos sistemas son de código abierto.



Figura 18. Principales CMS existentes.

Tomado de (Net Web Company, s.f.)

Conceptualmente un CMS, es un software que permite crear, editar, clasificar y publicar cualquier tipo de información en un sitio web de una forma sencilla. Normalmente funcionan con una base de datos (MySQL), de modo que el administrador puede editarla, ya sea añadiendo información nueva o modificando la existente (Webdesdecero, s.f.).

La mayoría de los proveedores de *web hosting* ofrecen en sus planes de forma gratuita este tipo de sistemas, facilitando de tal manera que varias empresas puedan desarrollar todo tipo de contenido web e incluso la integración de varios servicios como comercio electrónico.

La figura 19, demuestra el proceso para el desarrollo de un sitio web con un CMS, mediante el principio de desarrollo *front-end* haciendo referencia a la parte que el usuario final visualiza en el navegador y *back-end* a la parte que el administrador o personal de TI desarrolla (Webdesdecero, s.f.).

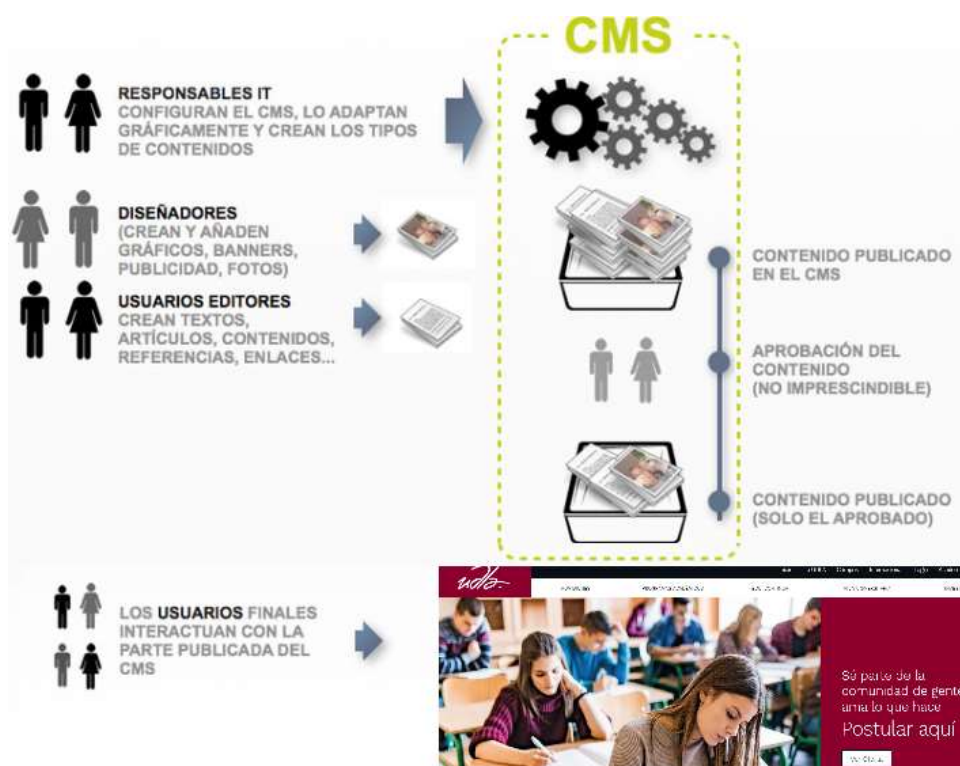


Figura 19. Proceso de diseño para un sitio web utilizando un CMS.

Adaptado de (Webdesdecero, s.f.).

En la parte del *back-end* los CMS basan el desarrollo de contenido mediante un panel de administración principal, como se observa en la figura 20, sitio desde el cual se pueden agregar una infinidad de *plugins* y temas de apariencia para mejorar la experiencia de usuario, los administradores del sitio web pueden acceder a esta interfaz por medio de cualquier navegador web, y desarrollar contenidos fácilmente, los cuales una vez creados son publicados con el diseño y funcionalidades que se hayan establecido.

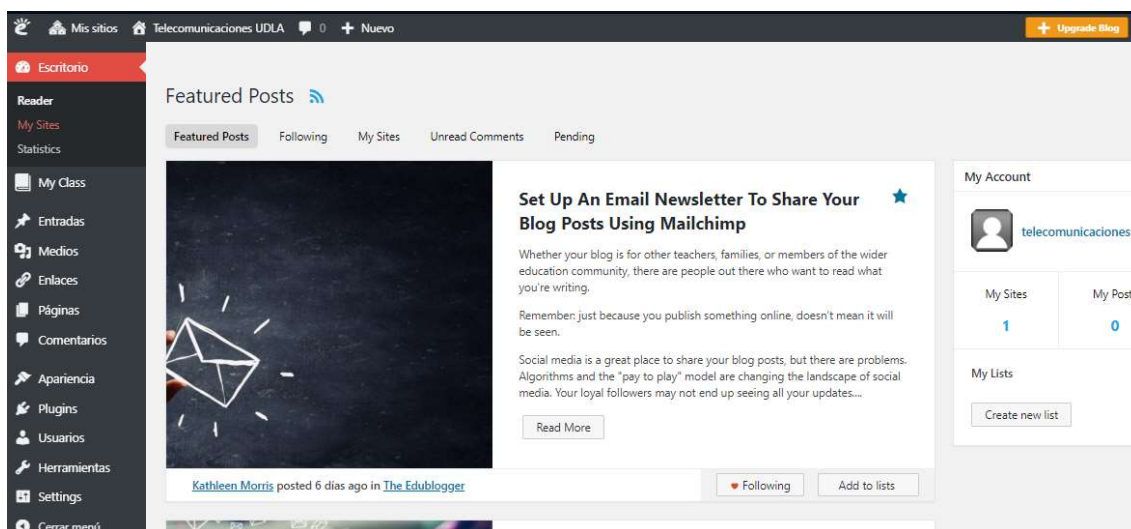


Figura 20. Panel principal para configuración de un CMS.

Una de las ventajas que ofrecen los CMS como por ejemplo *WordPress* es la visualización en tiempo real de cómo se adapta el contenido desarrollado en diferentes dispositivos como *smartphones*, *tablets* y computadores además que permite realizar cambios u actualizaciones en cualquier momento.

### 3.4.1 CMS WordPress

WordPress es el CMS que se utilizará para la creación del sitio web, según informe de W3Techs (Web Technology Surveys) se estima que el 30% de páginas web del mundo están realizadas en *WordPress*, considerándose el gestor de contenidos más utilizado en la actualidad gracias a las siguientes ventajas:

- Fácil de usar: Permite crear y actualizar una página web de manera sencilla por medio de la avanzada plataforma de configuración que posee.
- Dominio: Facilita asociar de manera rápida y sencilla un contenido web desarrollado de un dominio a otro y usarlo al instante.
- Diseños modernos y atractivos: Posee cientos de temas y estilos de página.
- Estadísticas detalladas: Brinda información de todo lo que ocurre en el sitio web, permite descubrir de dónde los usuarios son y cómo encontraron al sitio gracias a mapas y gráficos de información.
- Plantillas de diseño multidispositivo: Las plantillas web multidispositivo, permiten que la página web se vea siempre perfecta en cualquier dispositivo. (WordPress.org, s.f.)

### 3.5 Android Studio

El *Integrated Development Environment* (IDE) de *Android Studio* será el entorno de programación para el desarrollo de la aplicación móvil compatible con dispositivos Android, misma que se encargará del escaneo de los dispositivos *Beacons* para la generación de la notificación que permite anclarse al sitio web desarrollado.

Según el portal oficial Desarrolladores Android, entre las principales ventajas que *Android Studio* ofrece al desarrollador tenemos:

- IDE compatible con Windows Linux y macOS
- Emulador de dispositivos Android
- Sistema de compilación flexible
- Entorno unificado compatible para todos los dispositivos Android
- Integración con GitHub y plantillas de código
- Variedad de marcos de trabajo y herramientas de prueba
- Compatibilidad con C++ y NDK
- Compatibilidad para Google *Cloud Platform*, para la integración con Google *Cloud Messaging* y *App Engine*

### 3.5.1 Arquitectura de Android

El sistema operativo de Android está compuesto por un *Kernel Linux* y una colección de bibliotecas C / C ++ expuestas a través de un marco de aplicación que proporciona servicios, gestión del tiempo de ejecución y aplicaciones. (Meier, 2012). La arquitectura de Android se compone de los elementos que se muestran en la figura 21.

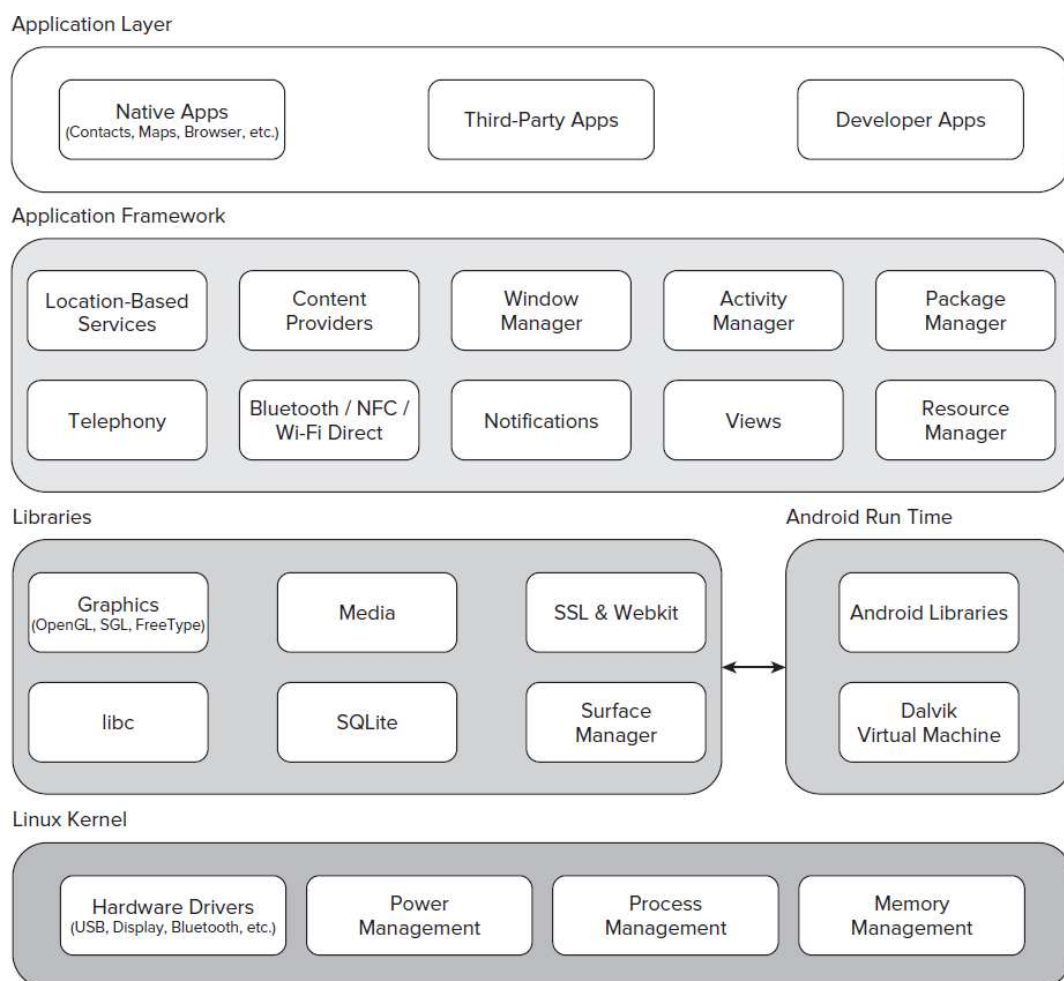


Figura 21. Arquitectura de Android.

Tomado de (Meier, 2012).

- *Linux Kernel:* Los servicios principales son manejados por el núcleo *Linux*, también proporciona una capa de abstracción entre el hardware y el resto de las capas.

- **Libraries:** Incluye varias bibliotecas principales de C / C ++, así como las siguientes:
  - Biblioteca de medios para la reproducción de audio y video
  - Administración de pantallas
  - Bibliotecas SGL y OpenGL para gráficos 2D y 3D
  - SQLite para soporte de bases de datos nativas
  - SSL y WebKit para navegación y seguridad web
- **Android Runtime:** El componente principal del entorno de ejecución de Android es la máquina virtual Dalvik, las aplicaciones se codifican una única vez en Java y son compiladas en un formato específico.
- **Application framework:** Proporciona las clases y servicios necesarios para crear aplicaciones en Android.
- **Application Layer (Aplicaciones):** Esta última capa incluye todas las aplicaciones, tanto nativas como de terceros, que vienen preinstaladas en el dispositivo y aquellas que el usuario ha instalado (Meier, 2012).

Como se observa en la figura 22, Android *Studio* proporciona un ambiente poderoso para desarrollar todo tipo de aplicaciones.

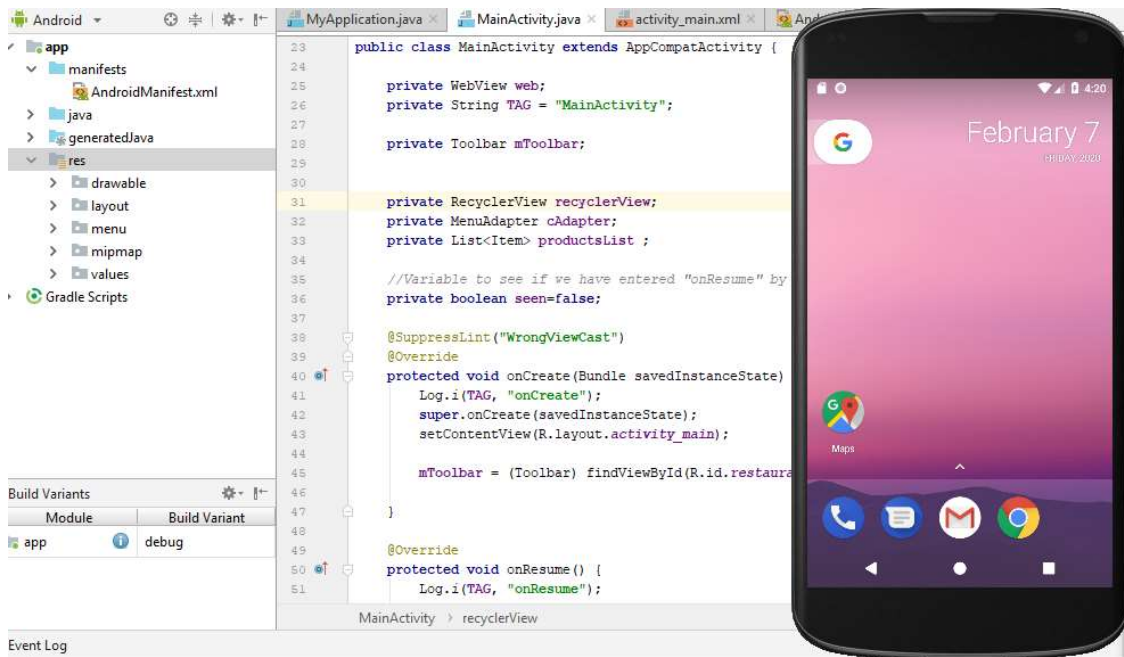


Figura 22. IDE de Android Studio.



### 3.5.2 Proyectos en Android Studio

Cada proyecto en *Android Studio* incluye varios módulos con archivos de código, predeterminadamente, el IDE muestra un proyecto como se observa en la figura 23, donde el programador puede acceder rápidamente a los diversos módulos que contienen los archivos fuente de un proyecto (Android Developers, s.f.).

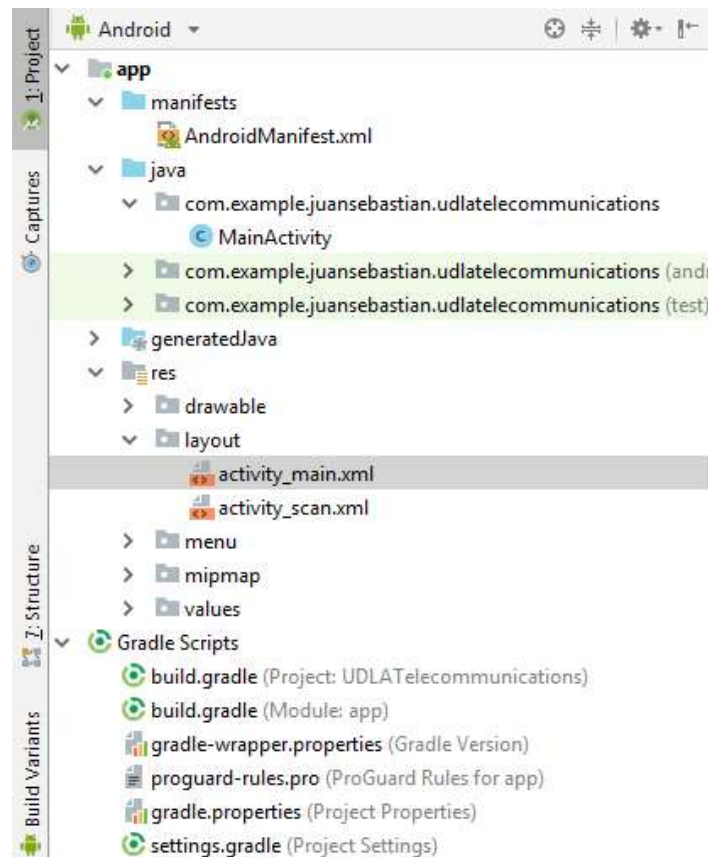


Figura 23. Archivos de un proyecto en Android Studio.

Los módulos de *Android Studio* contienen los siguientes archivos:

- manifests: *AndroidManifest.xml*, este archivo permite incorporar permisos para la aplicación.
- java: Archivos de código fuente Java, por ejemplo, clases.
- res: Diseños XML, para el desarrollo de la interfaz gráfica de la aplicación.
- Gradle Scripts: Sistema de compilación de *Android Studio*.

#### 4. Desarrollo sitio web y aplicación móvil

En el presente capítulo se detalla el proceso de creación del sitio web que contiene información de los ejes curriculares de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones de la UDLA y aplicación móvil Android para el escaneo de Beacons, Igualmente, se explica el mecanismo para la configuración y administración de los Beacons adquiridos.

##### 4.1 Topología

Como se puede observar en la figura 24, la topología implica la utilización de dispositivos Beacons, sitio web, y por el lado del usuario la existencia una aplicación móvil que se llamará *TeleBeacons Scanner*, misma que se encargará de interpretar la señal transmitida por los Beacons y liberar automáticamente la notificación local.

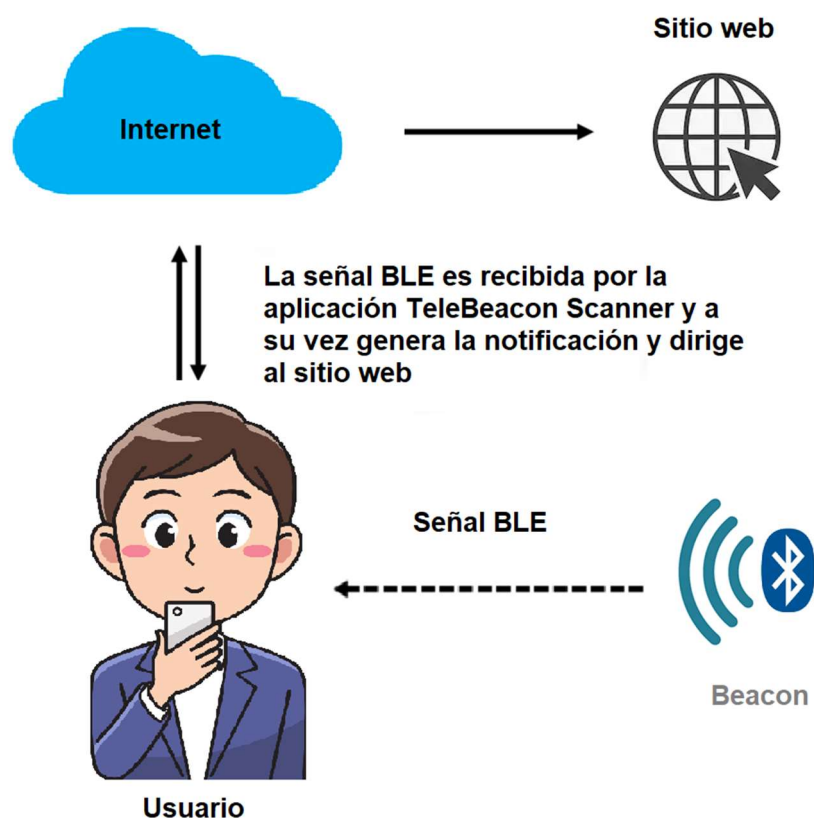


Figura 24. Topología de conectividad.

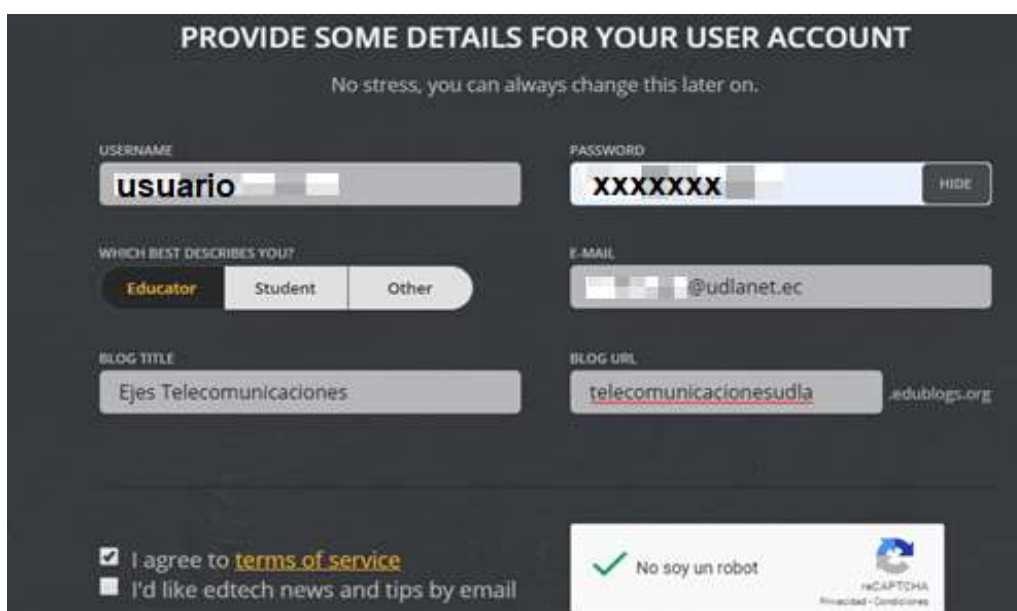
Es necesario mencionar que los smartphones de los usuarios finales posean conexión a Internet para que puedan anclarse al sitio web de los ejes curriculares de la carrera.

## 4.2 Diseño sitio web

Como se mencionó en el capítulo anterior la parte correspondiente al sitio web se lo realizará con la ayuda del CMS *WordPress*, para tal efecto se optó con la utilización del servidor de hosting *edublogs.org* ya que es gratuito y con fines educativos, posteriormente se puede utilizar las herramientas de exportación presentes en *WordPress* y de tal manera colocar el sitio desarrollado en otro dominio.

### 4.2.1 Creación

El proceso para la creación de un sitio web en el servidor de *hosting edublogs.org* es muy sencillo como se observa en figura 25, simplemente consiste con registrarse en el sitio (preferiblemente con una cuenta de correo educativa), ingresar el nombre del dominio, y posteriormente aceptar los términos y condiciones del servicio.



The image shows a registration form titled "PROVIDE SOME DETAILS FOR YOUR USER ACCOUNT" with the subtitle "No stress, you can always change this later on." The form is set against a dark background. It contains the following fields and options:

- USERNAME:** A text input field containing "usuario".
- PASSWORD:** A text input field containing "XXXXXXX" with a "HIDE" button to its right.
- WHICH BEST DESCRIBES YOU?:** Three radio button options: "Educator" (selected), "Student", and "Other".
- E-MAIL:** A text input field containing "@udianet.ec".
- BLOG TITLE:** A text input field containing "Ejes Telecomunicaciones".
- BLOG URL:** A text input field containing "telecomunicacionesudla" followed by ".edublogs.org".
- Agreements:** Two checkboxes at the bottom left: one checked for "I agree to [terms of service](#)" and one unchecked for "I'd like edtech news and tips by email".
- Security:** A CAPTCHA box at the bottom right with a green checkmark, the text "No soy un robot", and the reCAPTCHA logo and text "reCAPTCHA Privacidad - Condiciones".

Figura 25. Proceso para el registro de dominio seleccionado.

Cuando existe un dominio ya registrado el asistente del sitio genera una notificación de “*Sorry, that site already exist*”, por lo tanto, es necesario ingresar una dirección no existente y continuar con el proceso.

#### 4.2.2 Herramientas del CMS

El usuario administrador mediante las credenciales registradas al acceder en la plataforma de gestión de *WordPress* puede iniciar con la elaboración o actualización de un sitio web.

Particularmente en este caso como primera instancia se procede con la selección de un tema para mejorar la apariencia del sitio web, en *WordPress* los temas poseen diversas características, como se observa en la figura 26, mismos que pueden ser configurados según el criterio del usuario administrador.

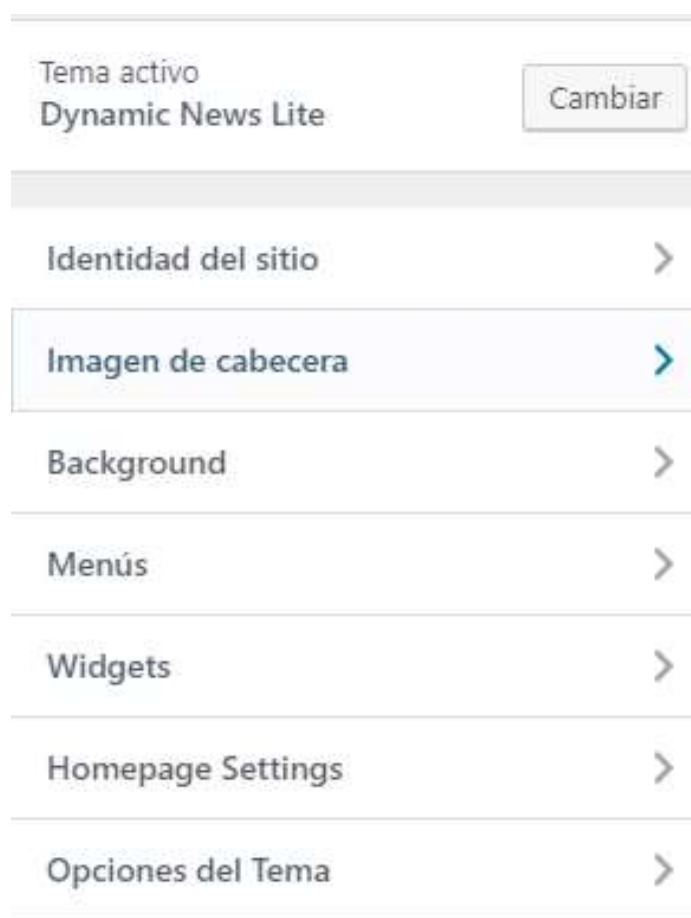


Figura 26. Ajustes de tema para personalización.

Posterior a la selección del tema, como segundo punto es la creación de páginas, casi siempre los temas vienen acompañados de páginas por defecto, estas se las pueden borrar o editar.

En la figura 27 se puede evidenciar que en las páginas existe la posibilidad para cargar diversos tipos de contenidos, como imágenes, videos, audios, archivos, entre otros. Al mismo tiempo, el proceso para ingresar información es sencillo ya que posee una barra de herramientas bastante amigable, donde el usuario puede hacer uso de este por medio de la consola “Visual” u ingresar información mediante etiquetas HTML desde la consola de “Texto”.



Figura 27. Editor de páginas.

Una de las ventajas que ofrecen los CMS es que su programación es netamente visual, como por ejemplo para desarrollar un menú se lo realiza arrastrando los contenidos (Páginas) para ser mostrados en la interfaz del sitio.

La creación de un menú para la navegación se lo realiza desde la sección Apariencia > Menús. En la figura 28 se aprecia un ejemplo de menú en WordPress, a estos se agrega las páginas que fueron creadas, también se pueden agregar enlaces personalizados, como por ejemplo en este caso se creó el enlace denominado “Ejes Curriculares” al que se añadieron las páginas correspondientes.

Los enlaces personalizados permiten anidar subelementos, ya que cada elemento en el menú constituye una URL en la programación del sitio y al querer agrupar varias subpáginas se deben crear este tipo de enlaces.

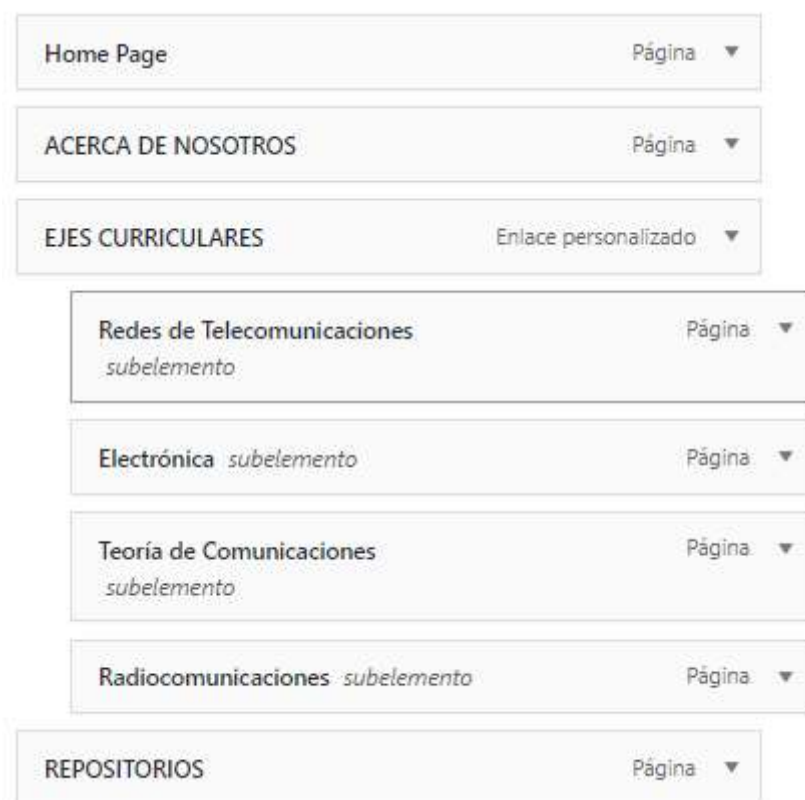


Figura 28. Vista de menú elaborado.

Desde la sección Medios > Añadir nuevo, el administrador puede subir el contenido multimedia, como imágenes, videos y audios también se puede agregar diversos documentos de office, PDFs o cualquier archivo para ser descargados o visualizados en el sitio.

Todo el contenido subido se almacena automáticamente en una biblioteca de medios, como se puede observar en la figura 29, a la que se accede desde las páginas que se están desarrollando mediante el botón de “Añadir objeto”, en el caso particular para agregar un video se lo realiza copiando la URL del mismo en cualquier sección de una página, si un video se encuentra en YouTube se puede utilizar su API para referencia de código `<iframe>` propio de cada video, y

colocarlo en la sección de HTML del editor, siempre y cuando el usuario desee añadir mayor características a un video.



Figura 29. Biblioteca multimedia.

Para añadir funcionalidades a un sitio se lo realiza desde la sección “*Plugins*”, como se puede evidenciar en la figura 30. Cada *plugin* cuenta con su respectiva documentación de las características que puede brindar a una página web.

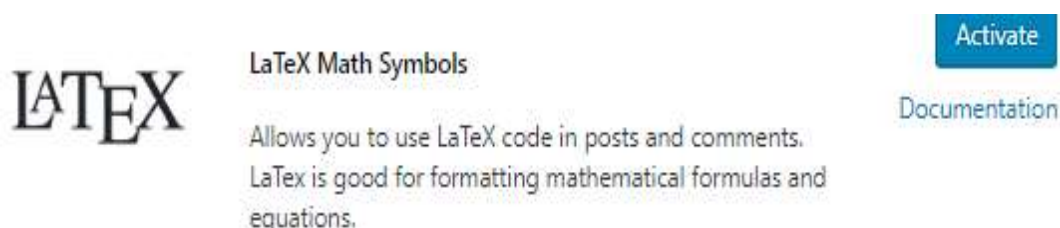


Figura 30. Ejemplo de *plugin* disponible.

Según el portal oficial de *WordPress*, “Un *plugin* es un programa, o un conjunto de una o varias funciones, escritas en el lenguaje de script PHP, que añaden un conjunto específico de características o servicios a una web” (WordPress.org, s.f.).



### 4.2.3 Contenido publicado

En el sitio web construido se publicarán los diversos contenidos curriculares que fueron recopilados de las materias integradoras de cada eje curricular, al igual que información general de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones.

El contenido publicado es el siguiente:

- Resumen curricular de cada materia integradora
- Formularios
- Información general de la carrera
- Vídeos publicitarios de la carrera
- Guías de laboratorios
- Vídeos relevantes
- Mapas mentales

En la figura 31, se puede observar algunas capturas de pantalla realizadas con un Smartphone del sitio web desarrollado.



Figura 31. Capturas de pantalla de la interfaz gráfica del sitio.



Todo el contenido se encuentra sujeto para actualizaciones, por tal motivo se eligió el desarrollo en un CMS como se evidencia en la figura 32, ya que el proceso de actualización en base a código es más complejo y laborioso.

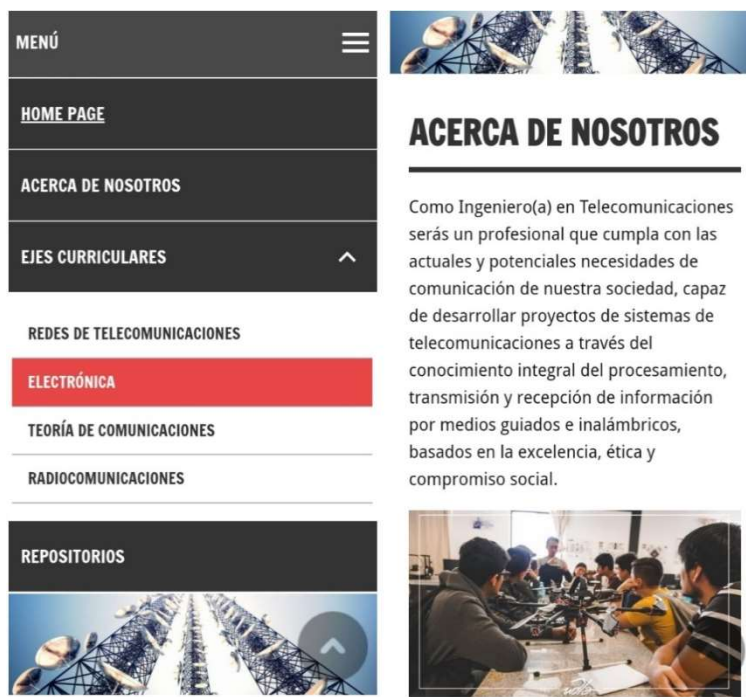


Figura 32. Más capturas de pantalla de la interfaz gráfica del sitio.

### 4.3 Configuración de Beacons Kontakt.io

Cuando se adquirieren los Beacons el proveedor asigna un código único de compra conocido como “*Order ID*”, este a su vez permite añadir los *Beacons* en la nube del fabricante para que posteriormente el usuario cumpla con la administración de los dispositivos adquiridos.

Las configuraciones pueden ser realizadas desde la aplicación móvil, figura 33, disponible para iOS y Android, los cambios realizados se sincronizan automáticamente en el portal web. La comunidad de desarrolladores de *kontakt.io* sugiere realizar todas las configuraciones de los Beacons, como cambio de perfiles *iBeacon – Eddystone*, potencia de transmisión, actualización de Firmware entre otros, desde la aplicación ya que los dispositivos se sincronizan por medio de BLE en tiempo real.

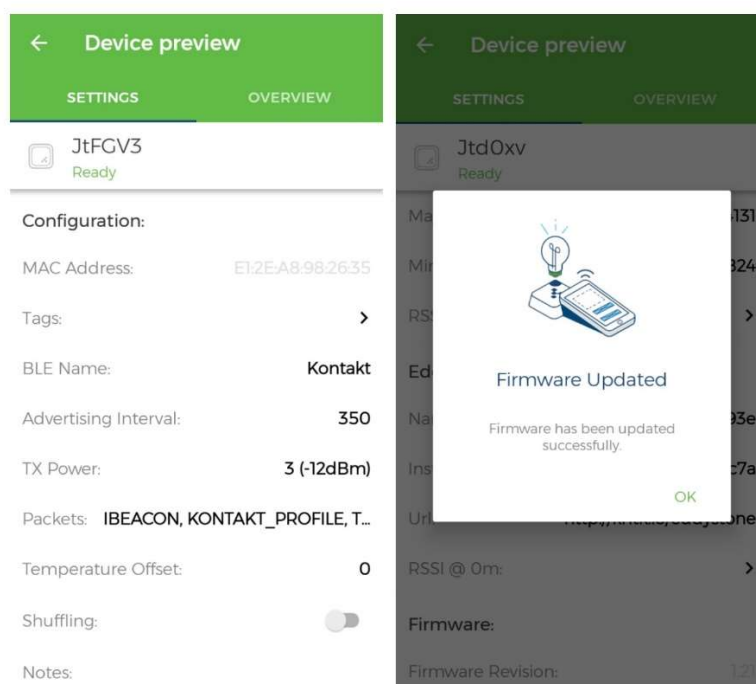


Figura 33. Aplicación móvil de *Kontakt.io*.

Como se observa en la figura 34, los *Beacons* también pueden ser configurados desde el *Kontakt.io Panel*, con la particularidad que se pueden realizar configuraciones más avanzadas.

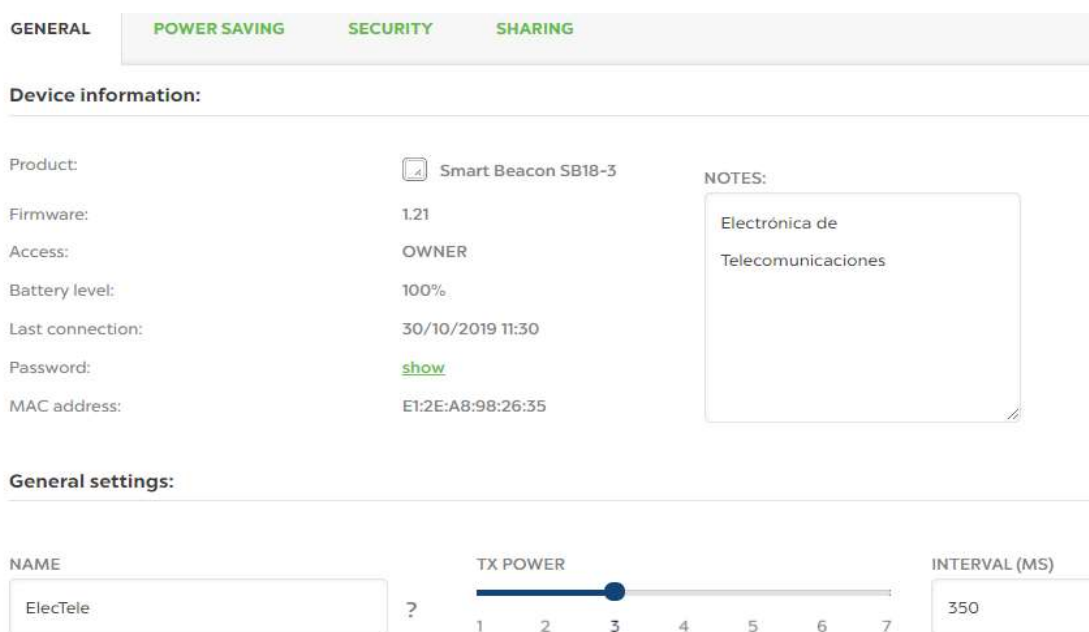
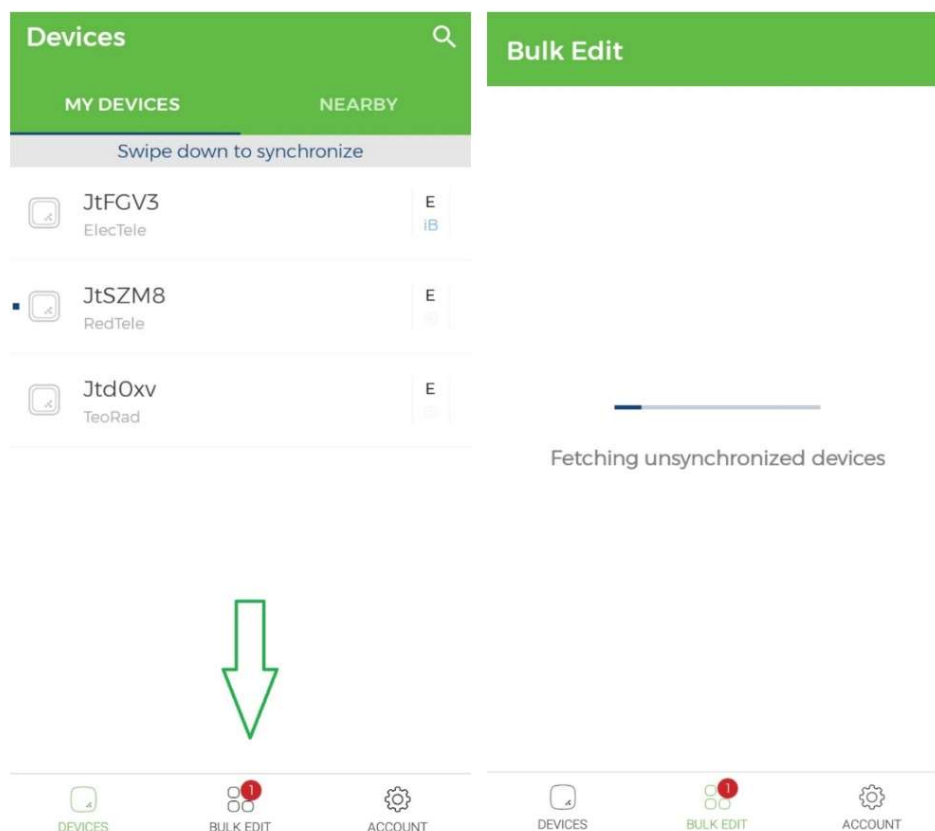


Figura 34. Configuración de *Beacons* desde *Kontakt.io Panel*.

En la figura 35, se puede observar que los cambios realizados en el sitio web posteriormente se activan y sincronizan desde la opción de “*Bulk Edit*” de la aplicación móvil, para realizar este proceso los Beacons deben estar cerca del dispositivo con la aplicación.



*Figura 35.* Sincronización de configuraciones de *Kontakt.io Panel* con aplicación móvil.

#### 4.3.1 Pruebas de funcionamiento

Con la finalidad de evidenciar gráficamente el funcionamiento de los dispositivos *Beacons* adquiridos, durante esta instancia se optó por la utilización de dos aplicaciones gratuitas, *Beacon Scanner* y *nRF Connect*, para mayor detalle en la figura 36 se puede observar el diagrama de bloques mismo que explica el proceso para la ejecución de las pruebas de funcionamiento con cada dispositivo comprado con la ayuda de las aplicaciones previamente mencionadas.

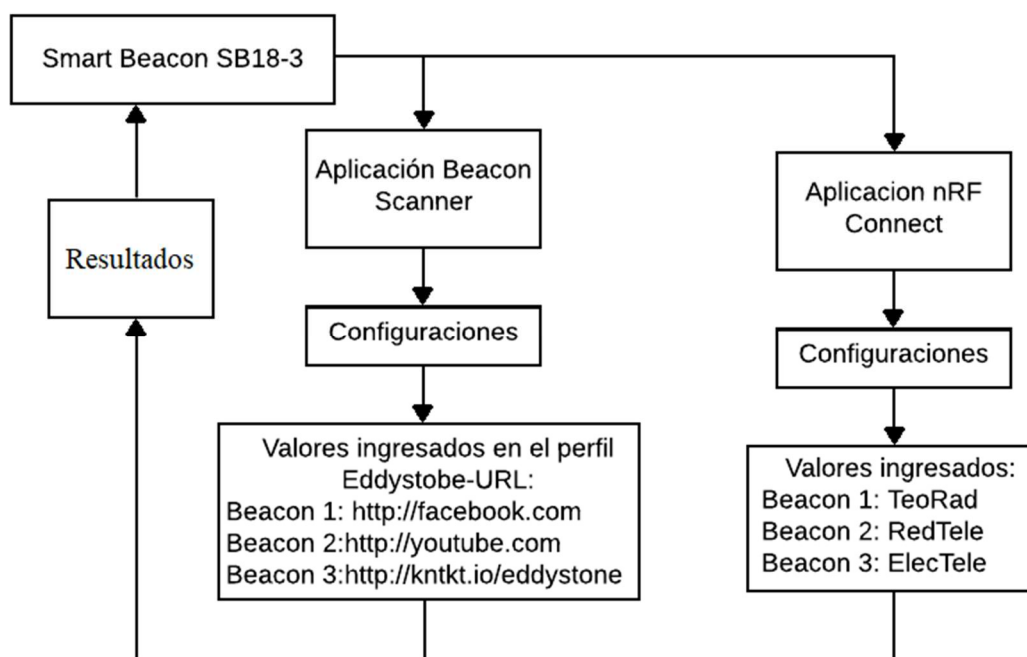


Figura 36. Diagrama de bloques para el proceso de pruebas.

En cada Beacon (3 en total) adquirido se configuró el perfil *Eddystone-URL* con una dirección válida (Facebook, YouTube y Blog de Kntatk.io), y se obtuvieron los resultados que se muestran en la figura 37.

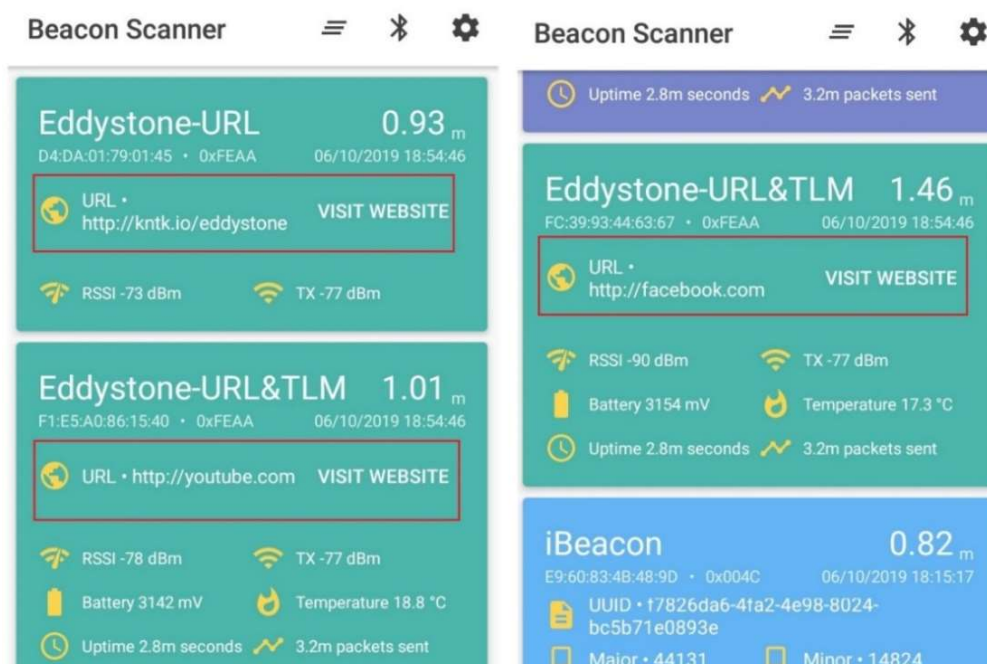
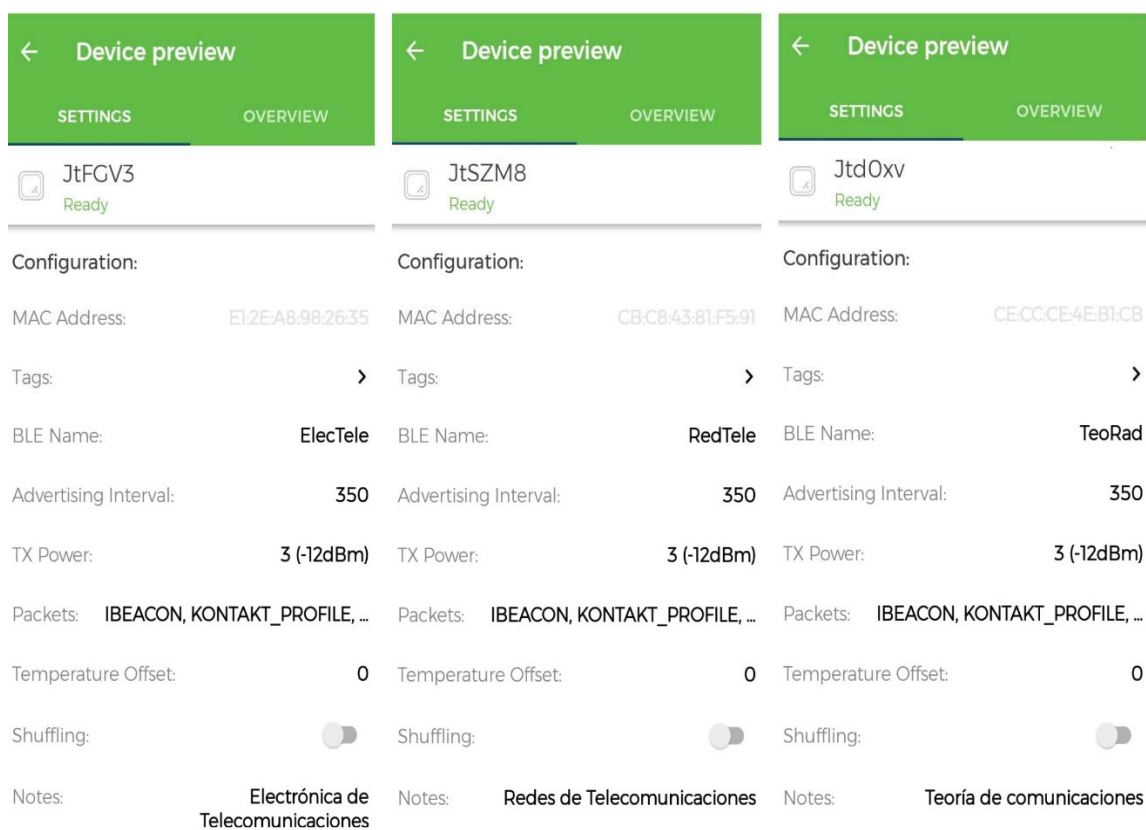


Figura 37. Escaneo de Beacons con la aplicación *Beacon Scanner*.

Mediante el escaneo realizado con la aplicación *Beacon Scanner* se validó el funcionamiento del protocolo *Eddystone* puesto que en los resultados obtenidos se logra evidenciar el perfil de funcionamiento de cada *Beacon* con la URL que se le estableció.

Posteriormente a cada *Beacon* se le asignó un nombre o identificador (*ElecTele*, *ReTele* y *TeoRad*), y se mantuvieron las configuraciones por defecto como se visualiza en la figura 38, correspondientes a un nivel 3 de potencia Tx (transmisión) con un valor de -12 dBm con intervalo de 350 ms.



**Figura 38.** Configuraciones desde la aplicación móvil de potencia e intervalo de transmisión por defecto.

En esta etapa para evidenciar los valores que fueron ingresados en cada dispositivo *Beacon* se utilizó la aplicación *nRF Connect*, los resultados obtenidos del escaneo se aprecian en la figura 39.

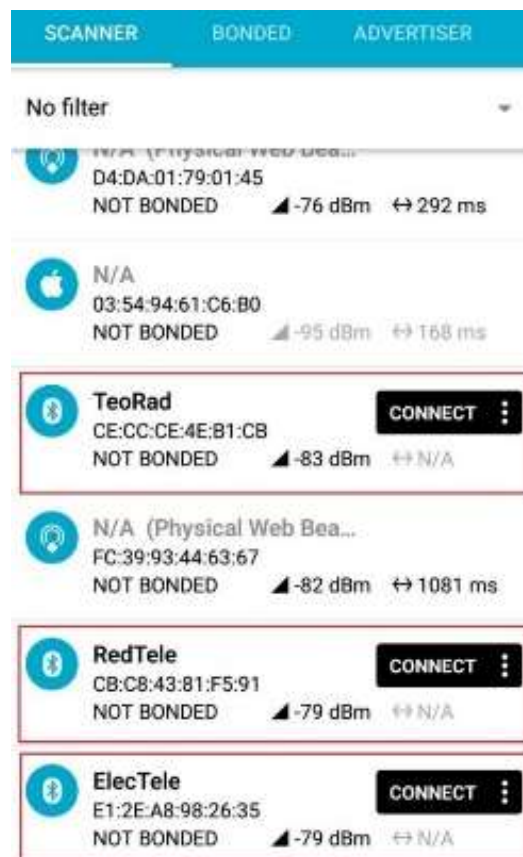


Figura 39. Escaneo de Beacons con la aplicación *nRF Connect*.

Una vez finalizado con el escaneo se logró evidenciar los nombres o identificadores que fueron ingresados, la dirección MAC y el indicador de fuerza de la señal recibida o RSSI según el nivel de potencia de transmisión de los Beacons como se observa en la figura 40.

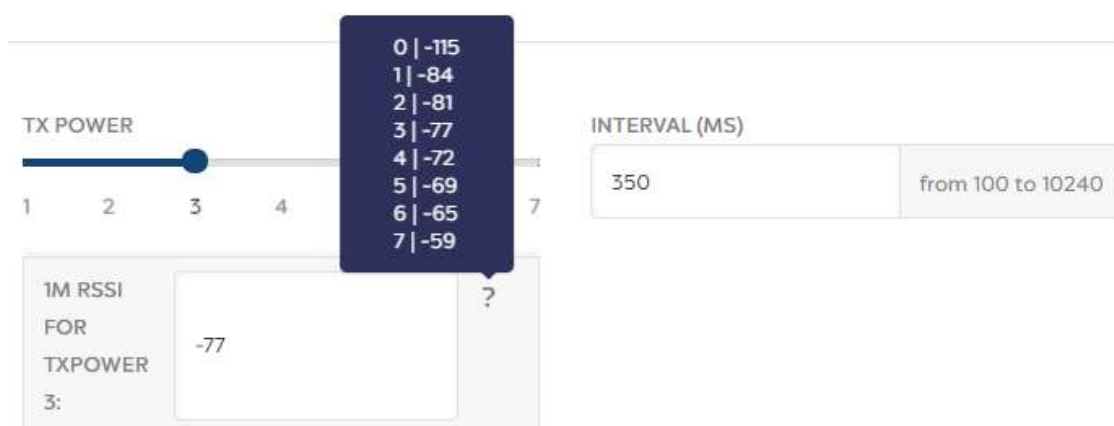


Figura 40. RSSI para configuraciones por defecto.

#### 4.4 Diseño aplicación móvil

En la presente sección se explicará el proceso que se utilizó para la elaboración de la aplicación móvil en el IDE de *Android Studio*.

##### 4.4.1 Diagrama de flujo

Como se evidencia en la figura 41, al momento de iniciar la aplicación esta solicita al usuario habilitar el *Bluetooth* (dado el caso que se encuentre desactivado), posteriormente se procede automáticamente con el escaneo de *Beacons*, al encontrarse en el rango de cobertura (6 metros) se genera una notificación local, ingresando en la notificación esta dirige a un mensaje de bienvenida dentro de la aplicación y al ser aceptado despliega la página web de los ejes curriculares de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones.

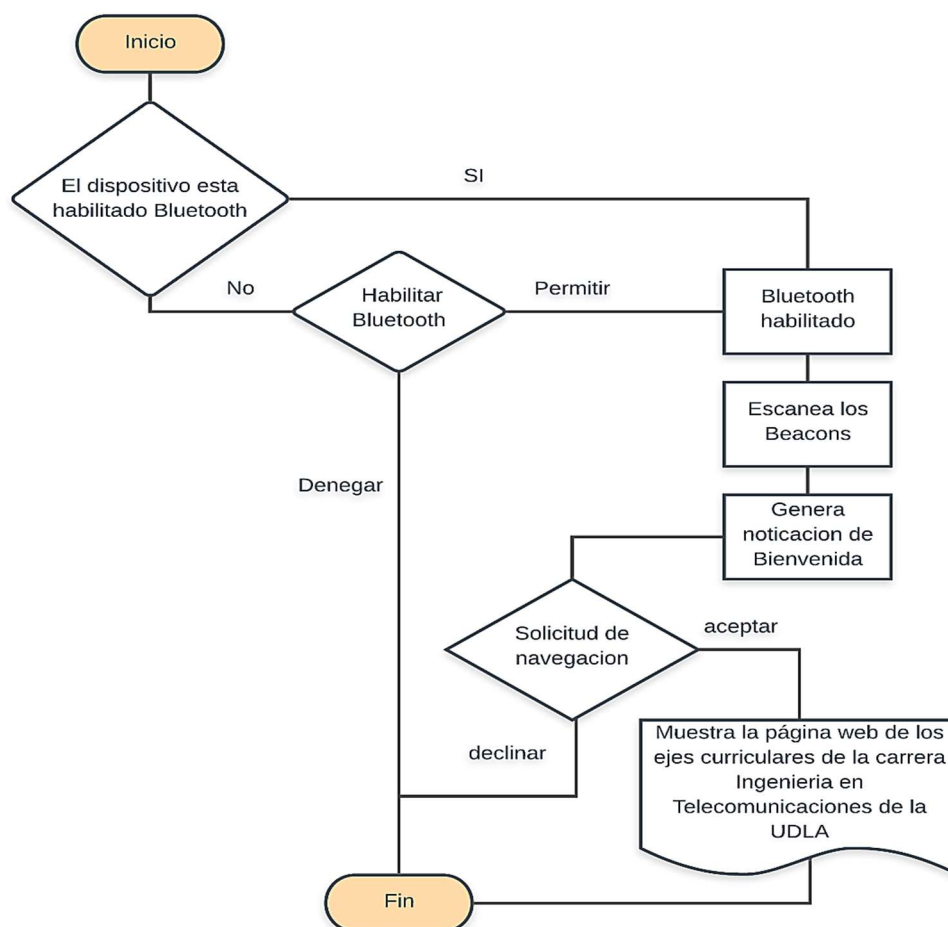


Figura 41. Diagrama de flujo de la aplicación móvil.

#### 4.4.2 Diseño de Interfaz gráfica

Al iniciar un nuevo proyecto *Android Studio*, como primera instancia el asistente de configuración solicita ingresar el nombre de la aplicación y selección de librerías para *C++* y *Kotlin* (si es que el proyecto lo requiere), al continuar con el proceso el asistente muestra el *Wizard* o asistente para la selección de dispositivos compatibles y SDK mínimo, como se observa en la figura 42, en esta sección se debe seleccionar el nivel de API mínimo compatible para la aplicación, cabe recalcar que BLE se encuentra disponible a partir de la API 18 es decir *Android Jelly Bean*, el asistente recomienda escoger la API 15 (*Android 4.0.3*) para que la aplicación se ejecute aproximadamente en el 100% de dispositivos *Android*.

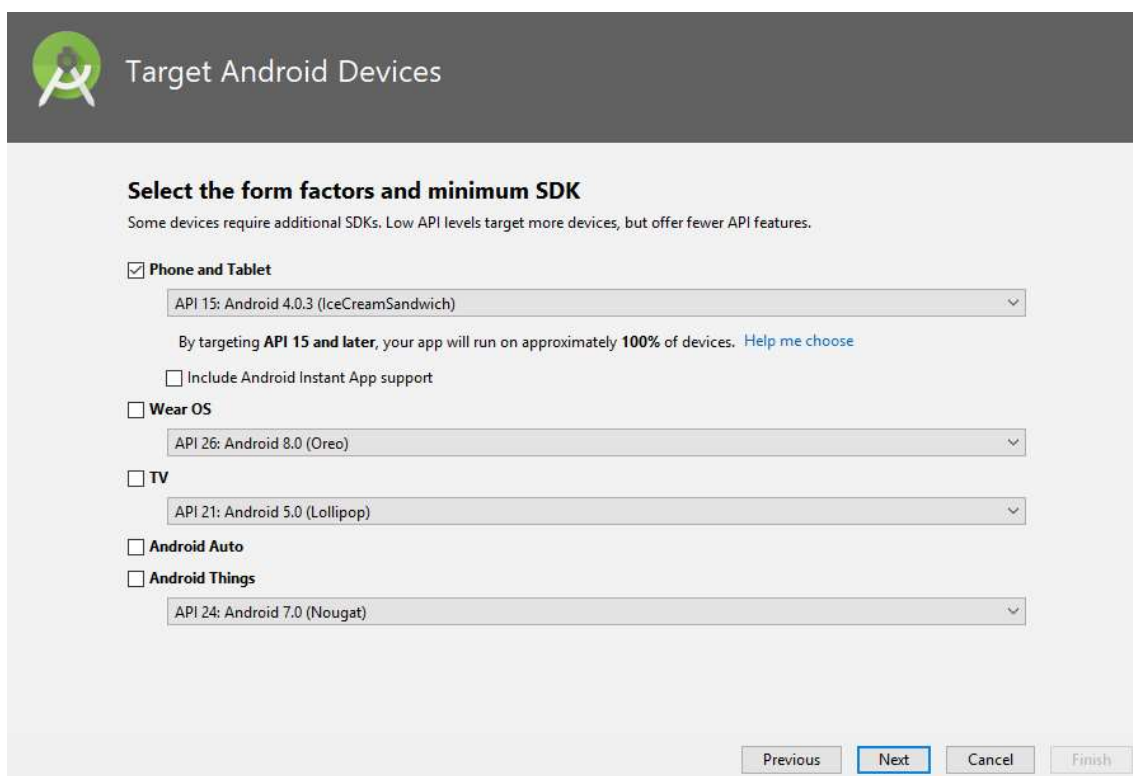


Figura 42. Dispositivos Android de destino.

Los niveles de SDK posteriormente se pueden cambiar en el archivo *build.gradle* (*Module:APP*) del proyecto elaborado.



El IDE ofrece una variedad de opciones para facilitar el desarrollo de una interfaz gráfica para la aplicación, como podemos observar en la figura 43, a estas interfaces se las conoce como Actividades. En la presente aplicación se utilizará la actividad de tipo *Empty* donde se desarrollará todas las funcionalidades que se requiera incorporar en la aplicación.

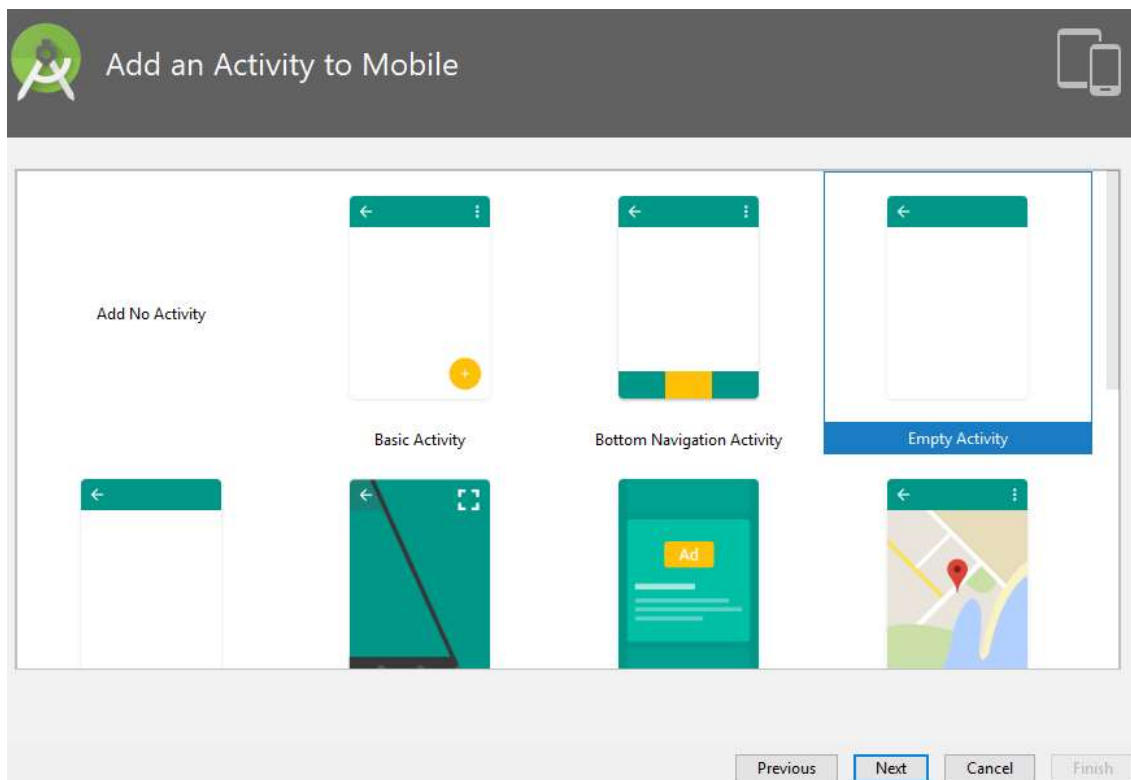


Figura 43. Selección de Actividad en Android Studio.

Una vez iniciado con el nuevo proyecto, se cargan todos los archivos de configuración de *Android Studio*, en donde se procede a personalizar la aplicación móvil tanto a nivel gráfico desde el directorio *res* que contiene todos los recursos para diseño e imagen como funcional en los directorios *java* y *manifests*.

Con el objetivo de obtener una mejor apariencia gráfica para la aplicación se modifican los archivos *color.xml* y *styles.xml* igualmente se añade una imagen de fondo o *background* en el archivo *activity\_main.xml*, como se observa en la figura 44.

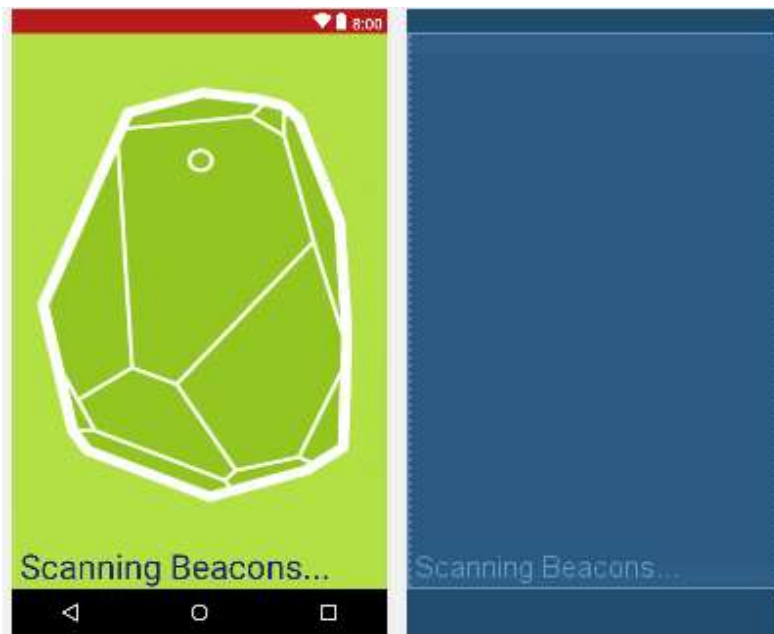


Figura 44. *Layout activity\_main.xml.*

El archivo *activity\_main.xml*, será el encargado de mostrar al usuario final la primera interfaz gráfica de la aplicación.

Posteriormente como se observa en la figura 45, se añade un nuevo archivo denominado *activity\_webview.xml*

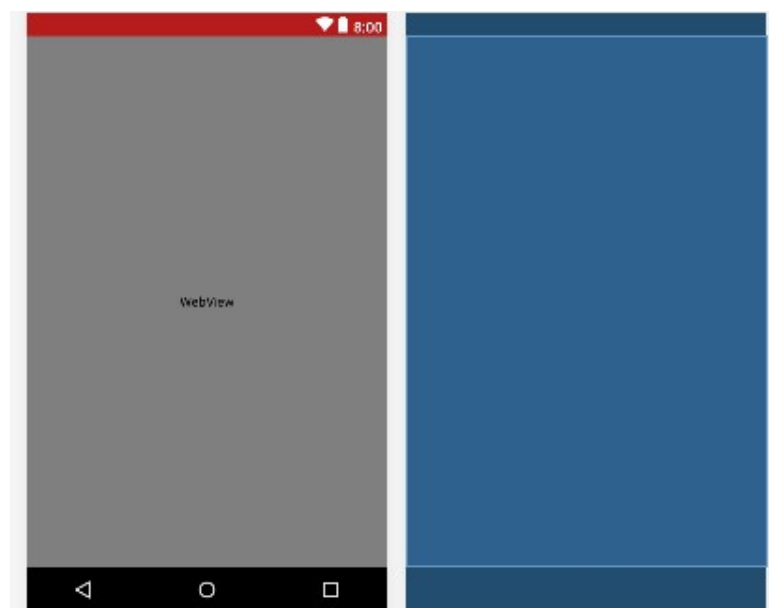


Figura 45. *Layout activity\_webview.xml.*

Finalmente se añade un *Image Asset* que reemplaza al icono por defecto de la aplicación, esta imagen personalizada corresponde al logo de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones de la UDLA, se aprecia en la figura 46.

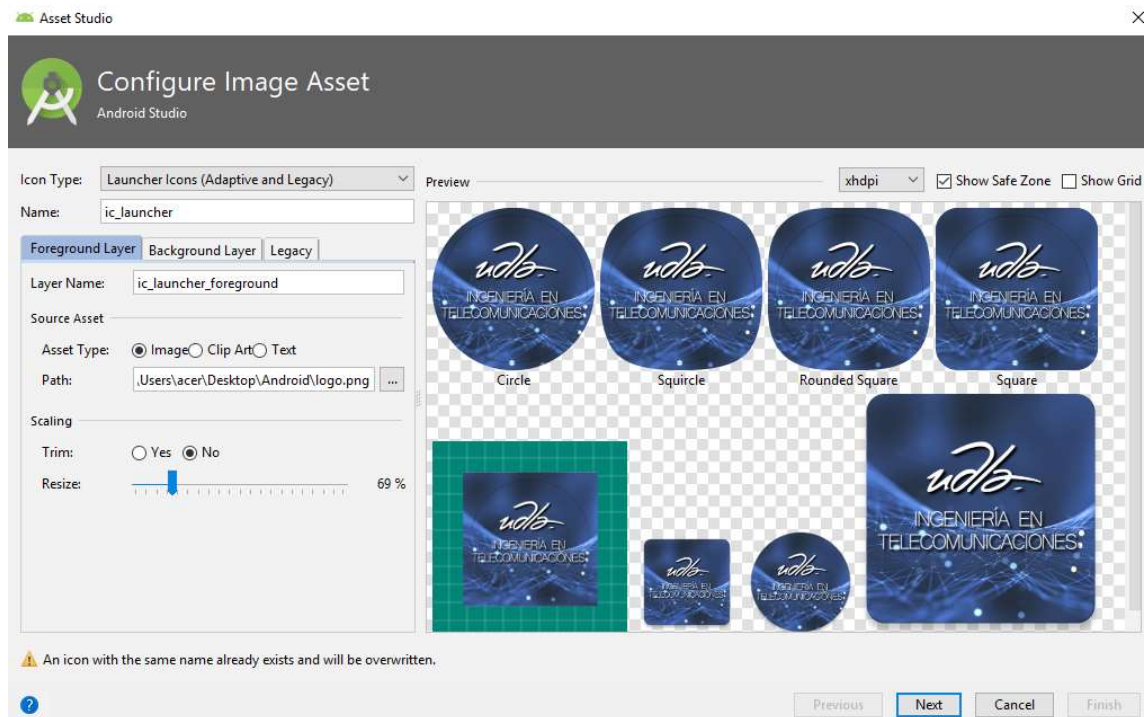


Figura 46. Icono personalizado para la aplicación.

#### 4.4.3 Escaneo de Beacons

Una vez configurado las interfaces gráficas que forman parte de la aplicación móvil se procede con el desarrollo del código fuente para el escaneo de Beacons, para tal efecto se crea una clase denominada *MyApplication* misma que extiende de la super clase *Application*.

En primera instancia, como se observa en la figura 47, se procede desde la aplicación móvil de *Kontakt.io* en habilitar el perfil *iBeacon* y obtener los valores de UUID identificador *Major* y *Minor* del protocolo para ser usados en la clase creada, manteniendo las configuraciones por defecto de potencia de transmisión e intervalo de *Advertising*.

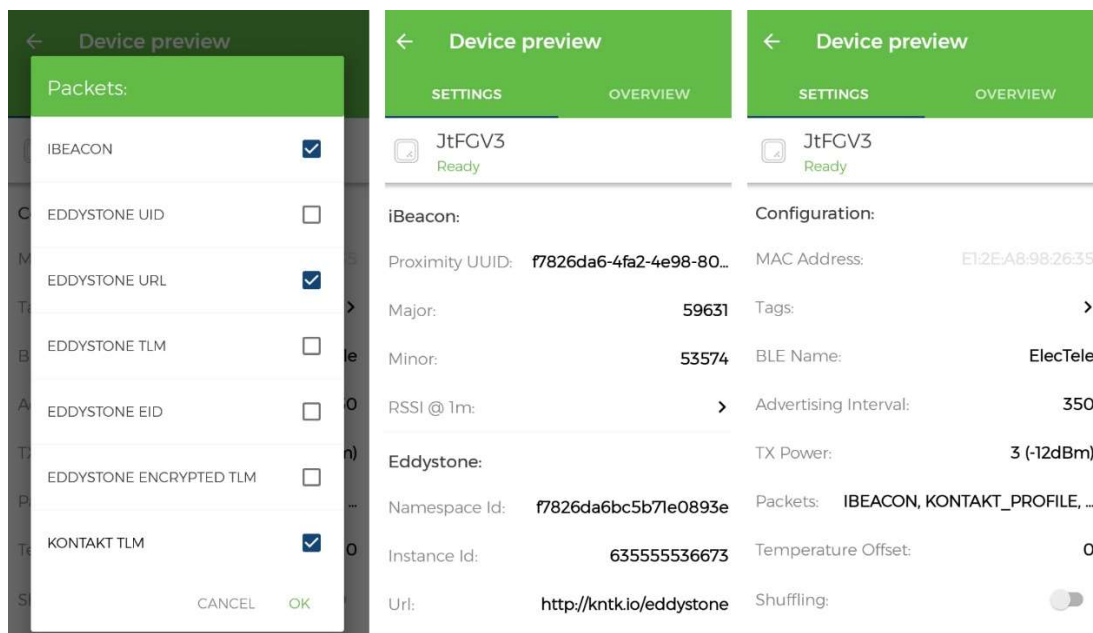


Figura 47. Selección paquetes de transmisión.

Los Beacons de *Kontatk.io*, permiten la transmisión simultánea de varios perfiles o paquetes a la vez, como lo son *Eddystone*, *iBeacon* y perfil propietario.

En la figura 48, se observa el código para el escaneo de *Beacons*.

```
private BeaconManager beaconManager;

@Override
public void onCreate() {
    super.onCreate();

    beaconManager = new BeaconManager(getApplicationContext());
    beaconManager.setMonitoringListener(new BeaconManager.MonitoringListener() {

        @Override
        public void onEnteredRegion(Region region, List<Beacon> list) {
            showNotification( title: "Bienvenidos a la Carrera de Telecomunicaciones",
                message: "Click aquí para navegar en el Home Page");
        }
        @Override
        public void onExitedRegion(Region region) {

        }
    });

    beaconManager.connect(new BeaconManager.ServiceReadyCallback() {
        @Override
        public void onServiceReady() {
            beaconManager.startMonitoring(new Region( identifier: "monitored region",
                UUID.fromString("f7826da6-4fa2-4e98-8024-bc5b71e0893e"), major: 59631, minor: 53574));
        }
    });
}
```

Figura 48. Código fuente para escaneo de *Beacons*.

El escaneo de los *Beacons* es a nivel de *background*, cuando el usuario ingresa a la aplicación el proceso para el escaneo se activa y es automático, siempre y cuando el receptor este dentro del rango de cobertura.

#### 4.4.4 Notificación en Android

Una vez que la aplicación logra escanear los *Beacons* presentes, se libera la acción para mostrar al usuario en pantalla una notificación local, código que se muestra en la figura 49.

```
public void showNotification(String title, String message) {
    Intent notifyIntent = new Intent( packageContext: this, MainActivity.class);
    //notifyIntent.setFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_SINGLE_TOP);
    notifyIntent.putExtra( name: "notify", value: 1);

    PendingIntent pendingIntent = PendingIntent.getActivities( context: this, requestCode: 0,
        new Intent[]{notifyIntent}, PendingIntent.FLAG_CANCEL_CURRENT);

    Notification notification = new Notification.Builder( context: this)
        .setSmallIcon(R.drawable.ic_notifications_black_24dp)
        .setContentTitle(title)
        .setContentText(message)
        .setAutoCancel(true)
        .setContentIntent(pendingIntent)
        .build();
    notification.defaults |= Notification.DEFAULT_SOUND;
    NotificationManager notificationManager =
        (NotificationManager) getSystemService(Context.NOTIFICATION_SERVICE);
    notificationManager.notify( id: 1, notification);
}
```

Figura 49. Código fuente para notificación local en Android.

La notificación se genera únicamente cuando la aplicación reconoce a un *Beacon*, para darle un mejor aspecto se añadió un *Vector Asset* de una campana como se observa en la figura 50.

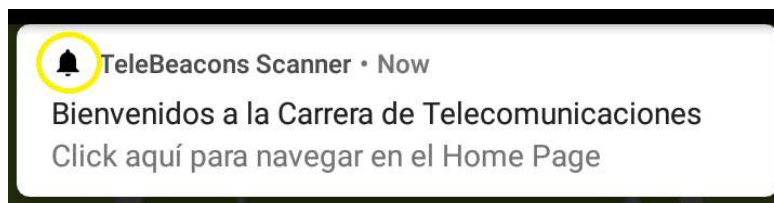


Figura 50. Notificación local.

Cuando el usuario ingresa en la notificación generada esta la dirige a un cuadro de dialogo en la pantalla principal, el código correspondiente se observa en la figura 51.

```
AlertDialog.Builder alertDialogBuilder = new AlertDialog.Builder( context: MainActivity.this);
// Titulo
alertDialogBuilder.setTitle("Ingeniería en Telecomunicaciones");

// mensaje
alertDialogBuilder
    .setMessage("Nos encontramos innovando con metodologías que permitan el aprendizaje" +
        " virtual al integrar contenidos curriculares que definen" +
        " los resultados de aprendizaje a nivel inicial, medio y final de la carrera " )
    .setCancelable(false)
    .setPositiveButton( text: "Visitar", (dialog, id) -> {
        updateUI();
    })

    .setNegativeButton( text: "Declinar", (dialog, which) -> {
        //setContentView(R.layout.activity_main);
        onBackPressed();
        seen=true;
    });

// crear alerta
AlertDialog alertDialog = alertDialogBuilder.create();
// mostrar
alertDialog.show();
```

Figura 51. Código para desplegar un cuadro de dialogo en pantalla.

Posteriormente cuando el usuario presiona la opción de “Visitar” este la direcciona al método *updateUI()*, mismo que utiliza el *layout activity\_webview.xml*.

Como se observa en la figura 52, para desplegar la página web dentro de la aplicación móvil se requiere de un objeto tipo *WebView*.

```
private void updateUI(){
    Log.i(TAG, msg: "updateUI");
    setContentView(R.layout.activity_webview);
    web = (WebView) findViewById(R.id.wv_main);

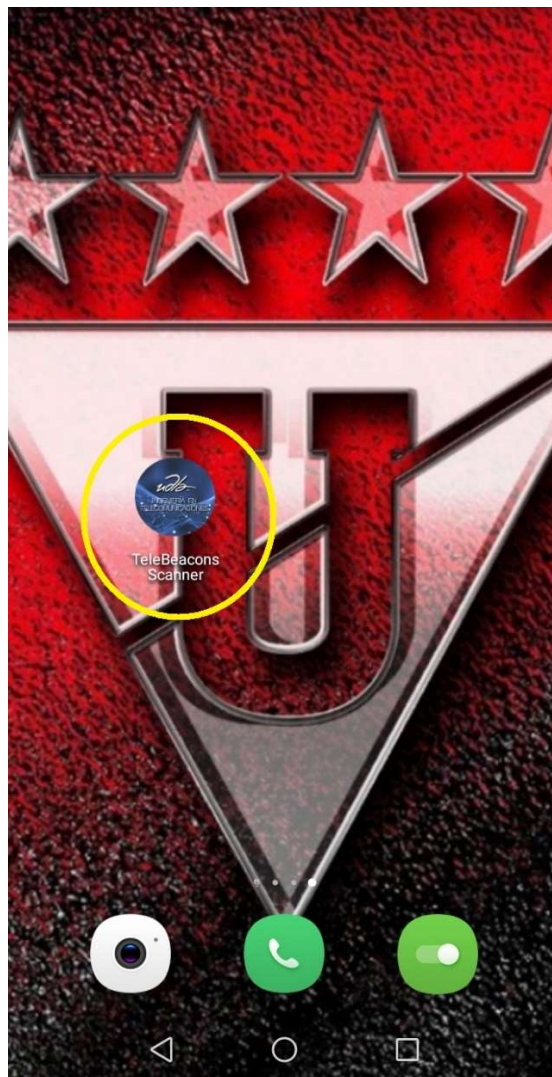
    web.getSettings().setJavaScriptEnabled(true);
    web.setWebViewClient(new WebViewClient());
    web.loadUrl("https://telecomunicacionesudla.edublogs.org/");
```

Figura 52. Código para desplegar la página web.



#### 4.5 Aplicación desarrollada

La aplicación durante la fase de desarrollo ha sido probada en un teléfono Huawei Y6 con Android 8.0.0. Para ejecutar aplicaciones directamente desde *Android Studio* se requiere habilitar el modo de “Desarrollador” en el teléfono. Como se observa en la figura 53, la aplicación ha sido instalada correctamente en el dispositivo móvil.



*Figura 53.* Aplicación TeleBeacons Scanner.

Una vez que el usuario ingresa en la aplicación, este le solicita habilitar permisos de *Bluetooth* dado el caso que no se encuentre activado, como se aprecia en la figura 54.

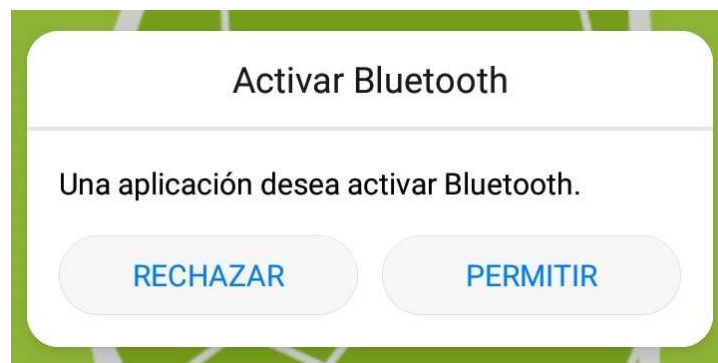


Figura 54. Solicitud para habilitar *Bluetooth*.

En la figura 55, se observa como la aplicación empieza con el escaneo y generación de la notificación.

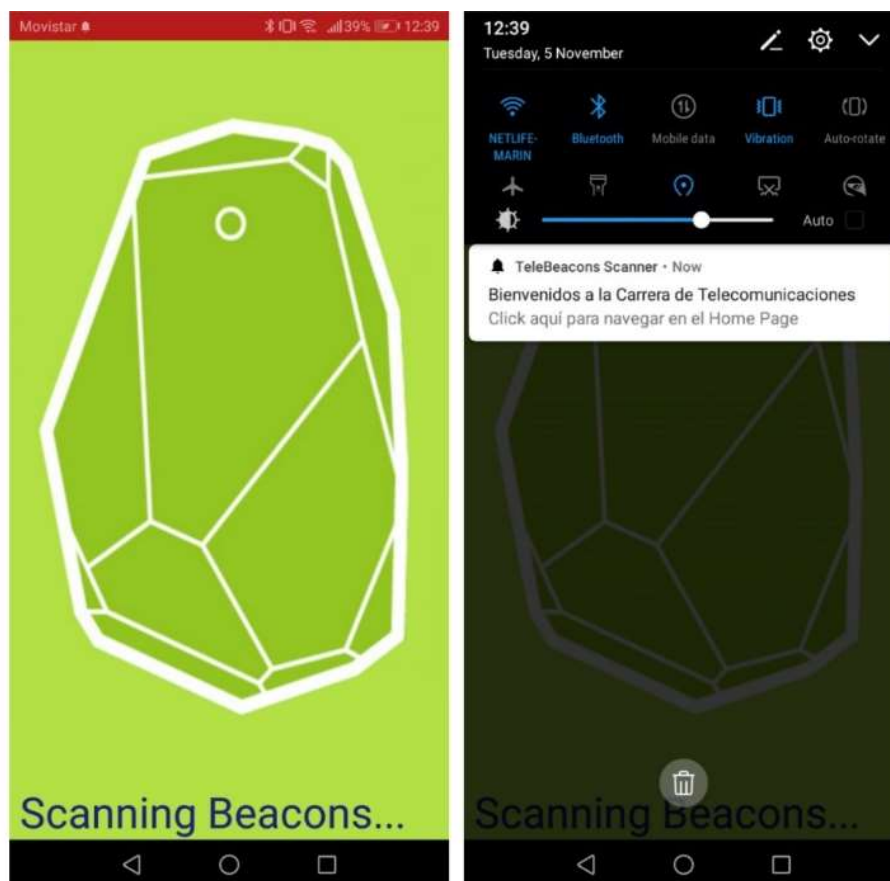


Figura 55. Escaneo de *Beacons* con la aplicación móvil desarrollada.

Cuando el usuario ingresa en la notificación, como se observa en la figura 56, la aplicación muestra un mensaje y al aceptar dirige al sitio web desarrollado.



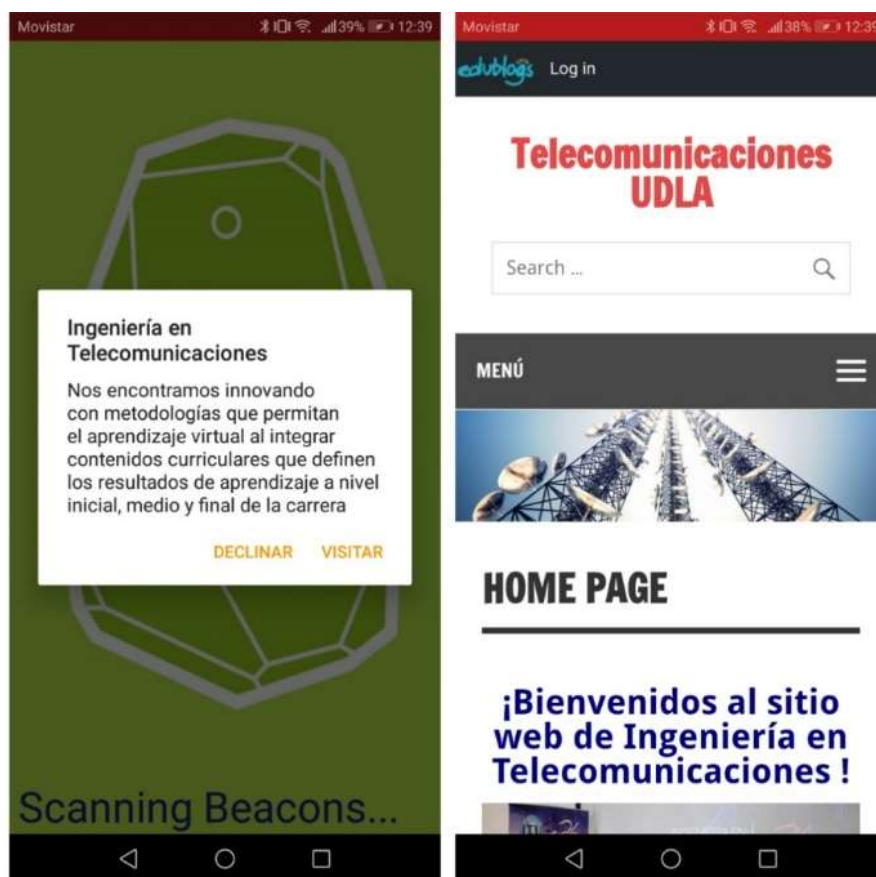


Figura 56. Visualización de página web desarrollada.

## 5. Pruebas de Aplicación

En este capítulo se procede a probar la aplicación en diferentes dispositivos móviles con sistema operativo Android, evaluando parámetros como posibilidad de instalación de la APK y generación de notificación. Además, la aplicación móvil es probada por estudiantes de la UDLA como una herramienta de aprendizaje virtual.

### 5.1 Pruebas en dispositivos Android

Dado que el sistema operativo Android se encuentra en una variedad de dispositivos móviles como Samsung, Huawei, Xiaomi, Lg, Sony, entre otros fabricantes, en esta sección se ha definido el funcionamiento de la aplicación móvil desarrollada en dispositivos con diferentes versiones de Android.

### 5.1.1 Instalación de APK y funcionamiento de la aplicación

Una vez generado el archivo APK (*Android Application Package*) desde la pestaña *Build > Generate Signed Bundle/APK* de *Android Studio*, se procedió en instalar la aplicación desarrollada en diferentes dispositivos móviles.

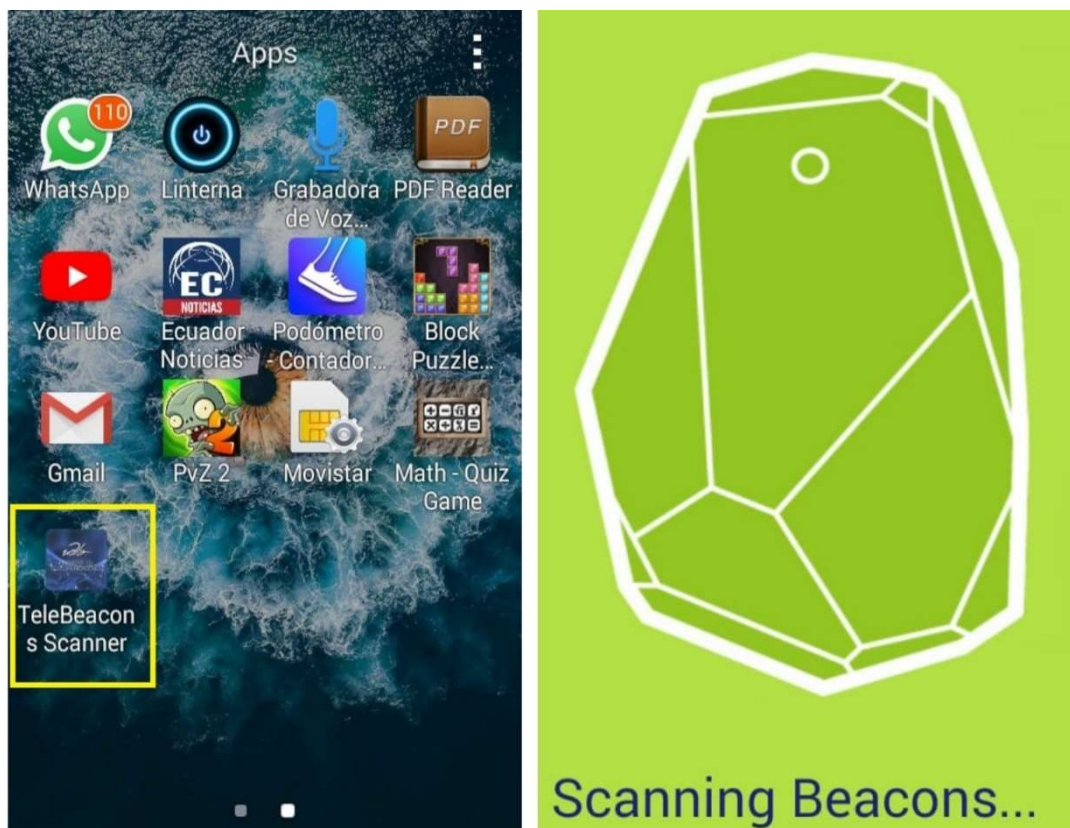
Conceptualmente *Bluetooth Low Energy* se encuentra disponible a partir del nivel API 18, esto quiere decir *Android Jelly Bean*, por lo que la aplicación se probó en una versión de sistema operativo Android 4.1.2 correspondiente a un teléfono Samsung Galaxy Pocket Neo GT-S5310B, dicha versión de Android se encuentra en un nivel de API 16, y se obtuvo los resultados que se muestran en la figura 57.



*Figura 57.* Pruebas en equipo Samsung Galaxy Pocket Neo GT-S5310B Android 4.1.2.

Claramente la aplicación no pudo ser instalada en el dispositivo móvil ya que no es compatible con un nivel de API 16, además en el archivo *build.gradle* (*Module:APP*) se definió un *minSdkVersión* de API 18.

Posteriormente la aplicación se probó en un sistema operativo Android 4.3 correspondiente a un equipo Samsung Galaxy Grand Prime Duos SM-G530H/DS, la versión del sistema operativo se encuentra nivel API 18 y se obtuvieron los resultados que se muestran en la figura 58.



*Figura 58.* Pruebas en equipo Samsung Galaxy Grand Prime Duos SM-G530H/DS Android 4.3.

Como se evidenció en la figura 58 la aplicación *TeleBeacons Scanner* pudo ser instalada y funciona con normalidad en dispositivos móviles con API 18, por lo que de esta manera se validó la teoría del funcionamiento de BLE con la práctica.

Una vez que la aplicación fue probada en versiones anteriores de Android, así mismo se instaló en dispositivos modernos con API 26, 27 y 28 correspondientes a Android 8.0.0, Android 8.1.0 y Android 9.0.0

A continuación, en la figura 59 se puede demostrar el funcionamiento de la aplicación móvil desarrollada en un dispositivo Huawei Y5 Lite 2018 modelo CAG - L23 con sistema operativo Android Oreo 8.1.0 correspondiente a un nivel de API 27.

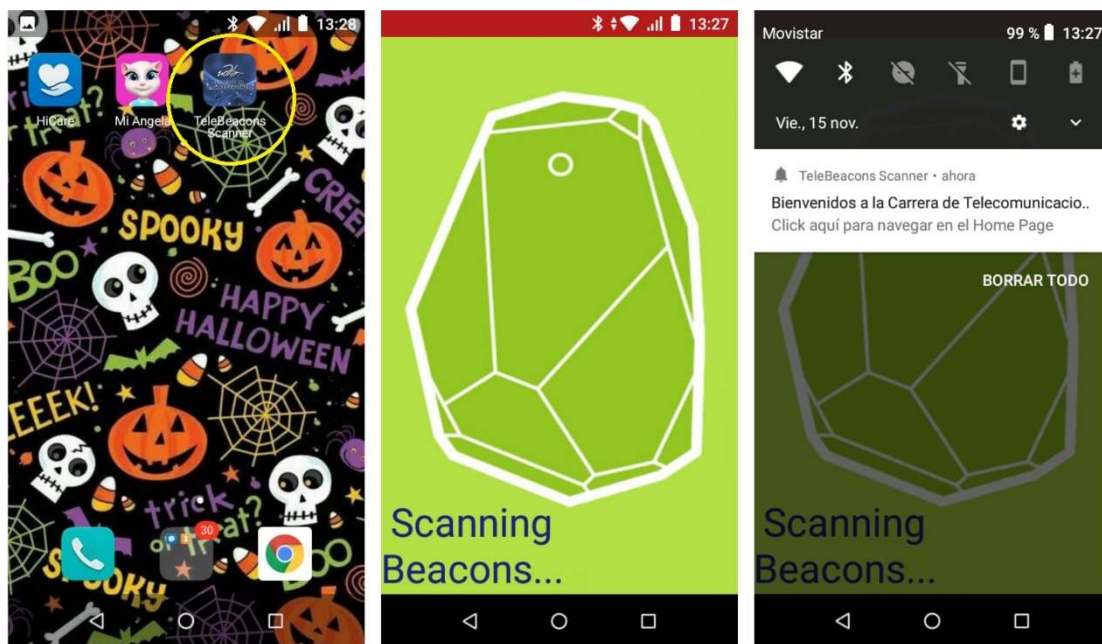


Figura 59. Pruebas en dispositivo Huawei Y5 Lite 2018.

En la figura 60 se evidencia el funcionamiento en un dispositivo Huawei Y5 2018 modelo DRA - LX3, API 27.

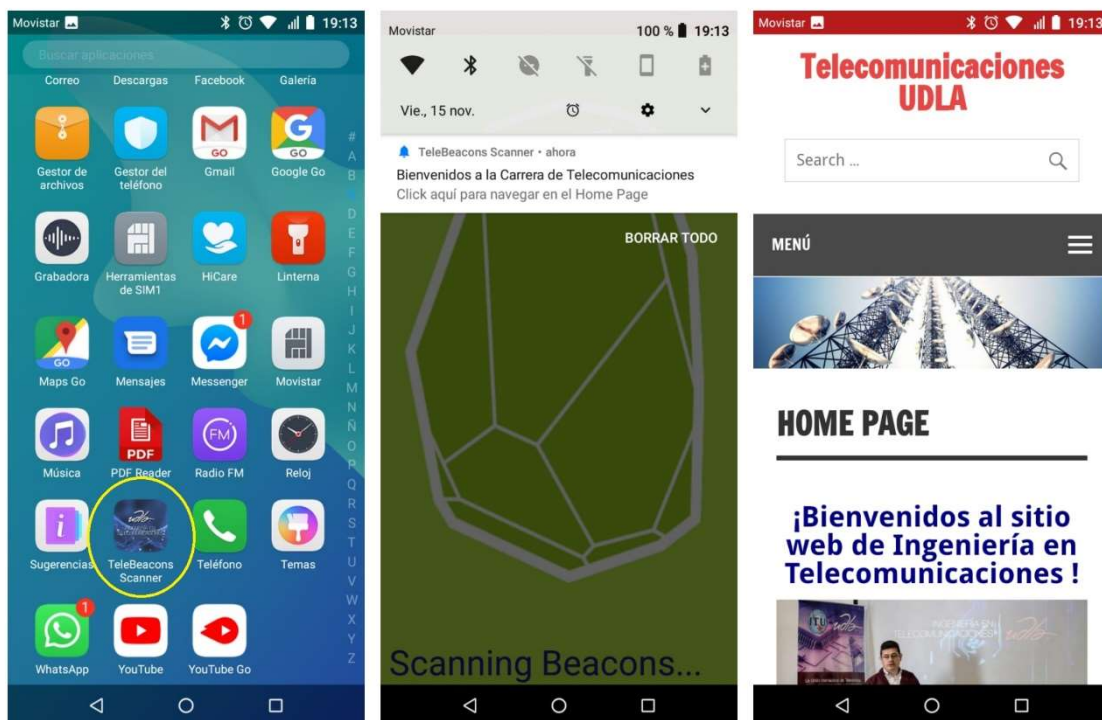


Figura 60. Pruebas en dispositivo Huawei Y5 2018 modelo DRA - LX3.



La aplicación funciona normalmente en un dispositivo Huawei Mate 10 Lite con Android 8.0.0 nivel API 26, como se observa en la figura 61.

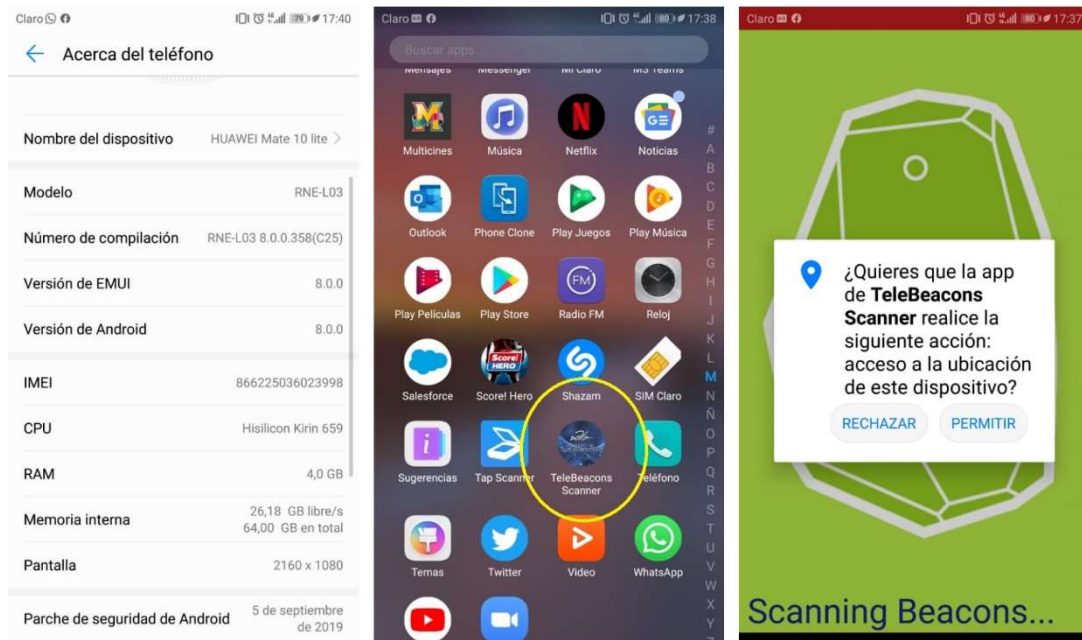


Figura 61. Pruebas de funcionamiento dispositivo Huawei Mate 10 Lite.

Así mismo en la figura 62 se evidencia el funcionamiento en un dispositivo Sony Xperia respectivamente con Android 8.0.0 nivel API 26.

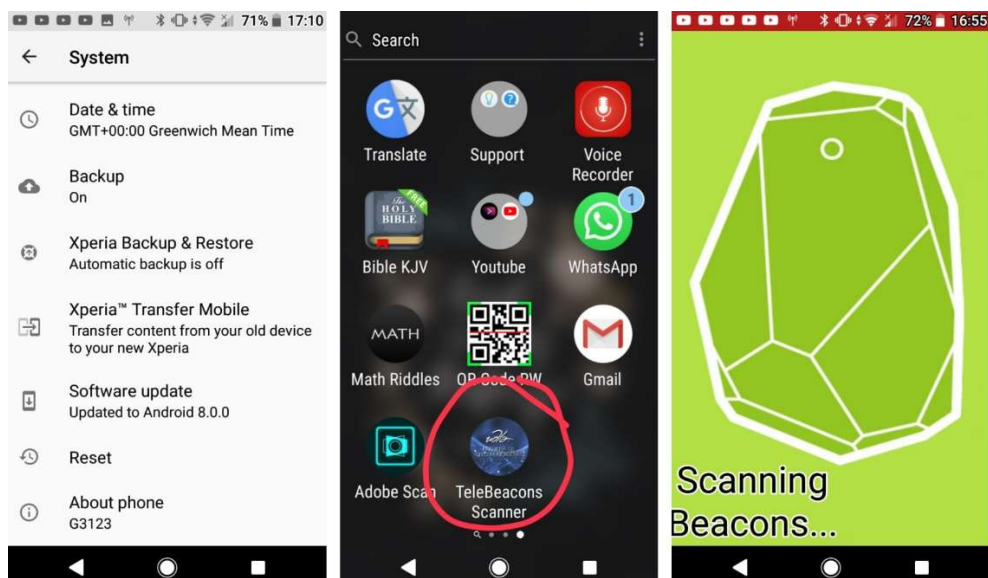


Figura 62. Pruebas de funcionamiento dispositivo Sony Xperia.

Finalmente, la aplicación fue probada en dispositivos con sistema operativo Android 9.0.0 correspondiente a un nivel de API 28, los resultados se visualizan en la figura 63.

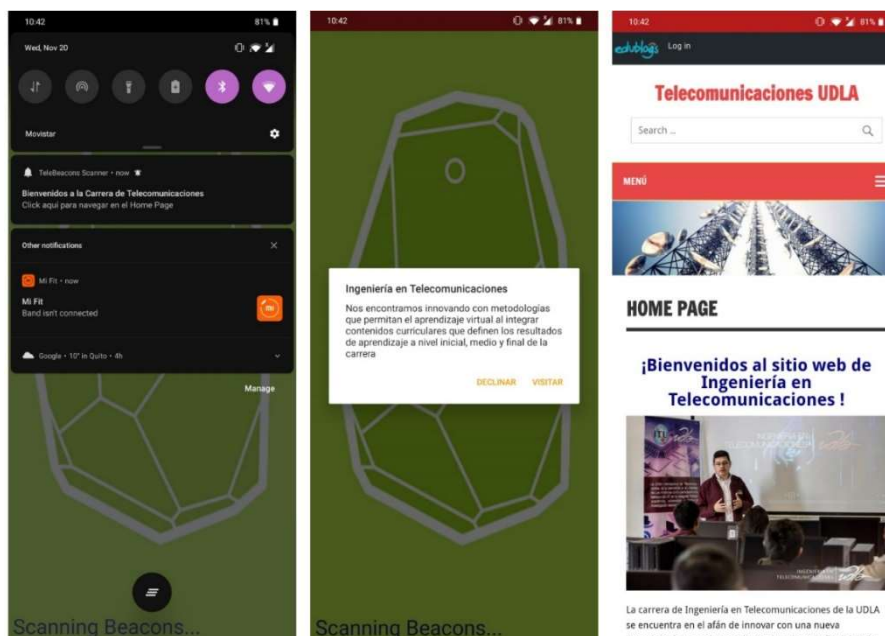


Figura 63. Pruebas de funcionamiento en dispositivo OnePlus 7.

En la figura 64 se evidencia el funcionamiento en otro dispositivo con API 28.

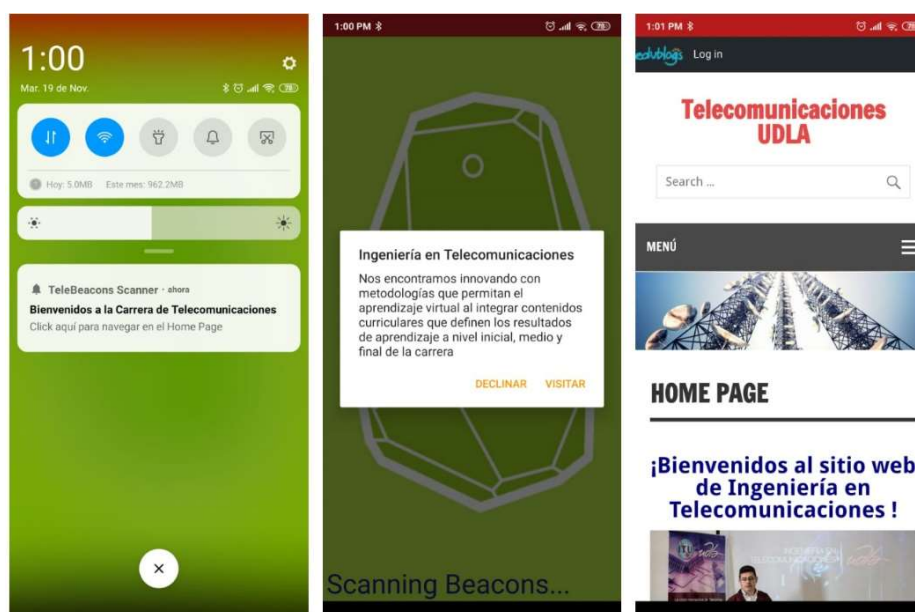
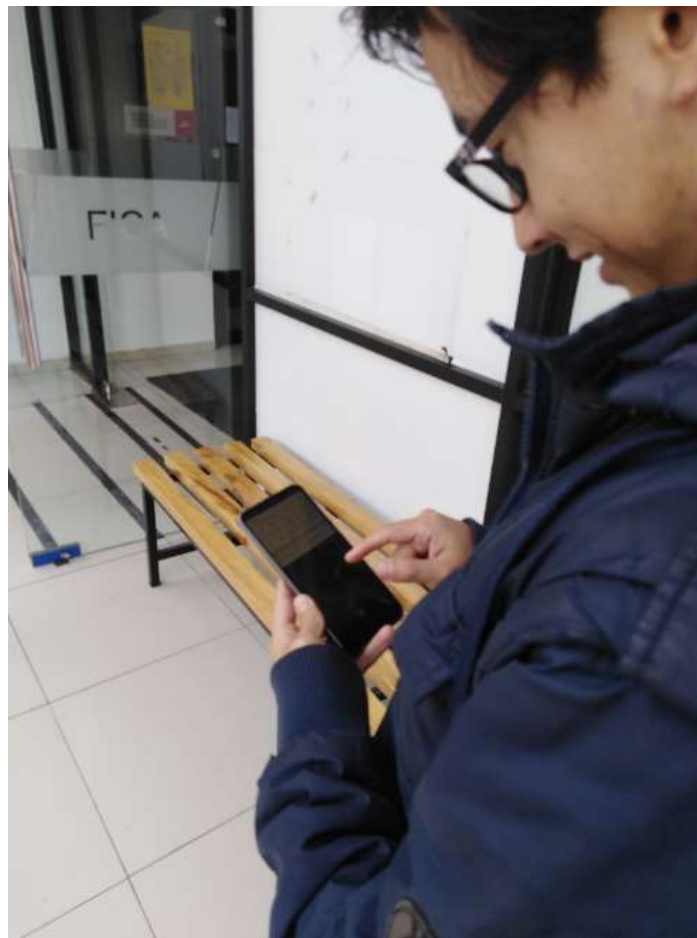


Figura 64. Pruebas de funcionamiento en dispositivo Xiaomi Mi 8 Lite.

## 5.2 Pruebas con la aplicación como método de enseñanza y aprendizaje virtual

En primera instancia como se observa en la figura 65 se realizaron pruebas de funcionamiento con diversos estudiantes de la UDLA, de tal forma que se les proporcionó la aplicación móvil *TeleBeacons Scanner* con la finalidad de comprobar la compatibilidad en la instalación de la aplicación desarrollada en diversos dispositivos móviles con sistema operativo Android, paralelamente a las personas que participaron en este proceso, una vez instalada la herramienta se les informó del propósito de la aplicación para los estudiantes la cual consiste en la promoción de los principales ejes de estudio que envuelve a la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y además como mecanismo para el aprendizaje de contenidos curriculares.



*Figura 65.* Estudiante interactuando con la aplicación móvil desarrollada.

Posteriormente móvil desarrollada fue probada en el curso de Redes Ópticas, en este punto a los estudiantes de la asignatura se les facilitó la aplicación en donde previamente se cargó la actividad correspondiente a una práctica de laboratorio.

En primera instancia se procedió con la explicación del funcionamiento de la aplicación móvil desarrollada con los estudiantes de la clase, posteriormente a cada uno se le facilitó la *app TeleBeacons Scanner* para su respectiva instalación.

En la figura 66 se aprecia a los alumnos navegando dentro del contenido disponible.



*Figura 66.* Estudiantes de la asignatura Redes Ópticas interactuando con la aplicación móvil *TeleBeacons Scanner*.

La finalidad de la actividad consiste en que el estudiante posea un repositorio (en este caso la guía de laboratorio) disponible permanentemente en la aplicación para que de esta manera la ejecución de la práctica sea de una forma



más rápida y además al estudiante se le facilite el desarrollo de un adecuado informe de laboratorio como constancia para la calificación de la práctica efectuada por parte del docente académico, esto es factible puesto que en la guía suministrada se procedió con la explicación detallada (gráfica y textual) de cada paso a realizar.

En la figura 67 se puede observar a los estudiantes de la asignatura ejecutando la práctica de laboratorio en base a la guía proporcionada disponible en la aplicación desarrollada.



*Figura 67.* Estudiantes de Redes Ópticas realizando la práctica de laboratorio con la ayuda de la aplicación *TeleBeacons Scanner*.

Con la finalización de la actividad a todos los estudiantes que participaron en el proceso de pruebas se les realizó una encuesta de acuerdo con la metodología de aprendizaje aplicada y se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

## Pregunta 1.

Nivel de satisfacción en relación con la aplicación *TeleBeacons Scanner*.

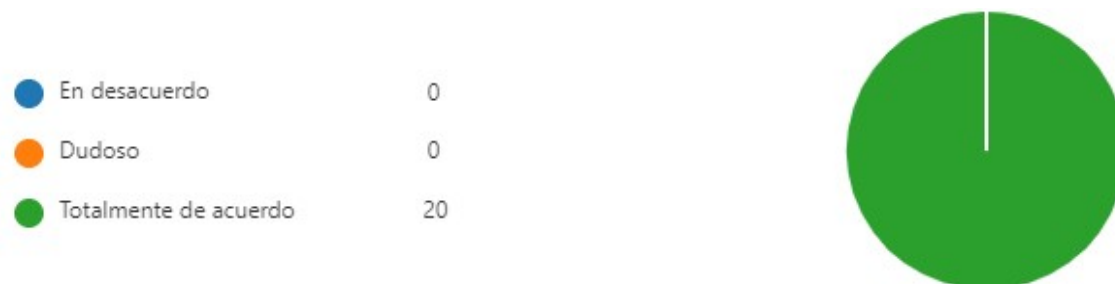


*Figura 68.* Resultados encuesta pregunta 1.

El nivel de satisfacción que manda en los usuarios corresponde al valor de Muy Bueno esto quiere decir que las personas que formaron parte del proceso de pruebas les agrado las diversas interfaces graficas de la aplicación, así como el contenido disponible.

## Pregunta 2.

Considera que los insumos brindados para la práctica de laboratorio le ayudaron en resolverla de mejor manera.

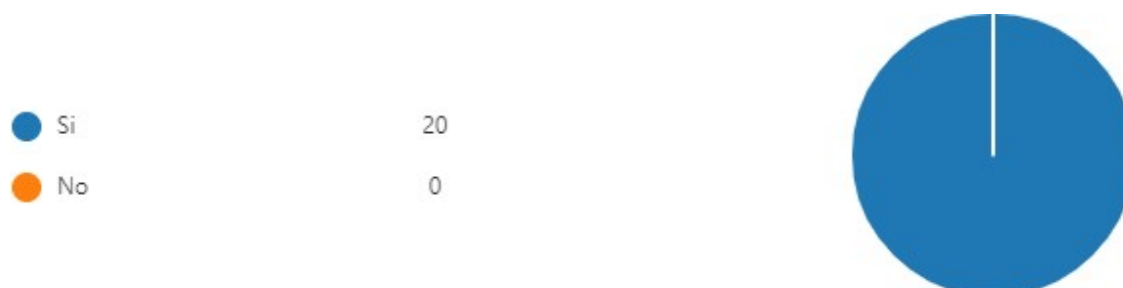


*Figura 69.* Resultados encuesta pregunta 2.

En este caso el 100% del publico encuestado les agrado que la aplicación brinde insumos necesarios para el cumplimiento de actividades curriculares de manera efectiva disminuyendo de esta manera los tiempos en la ejecución de las diversas actividades que se desarrollan como parte de un proceso académico.

### Pregunta 3.

Piensa que podría realizar un óptimo informe de laboratorio después de la práctica de laboratorio.



*Figura 70.* Resultados encuesta pregunta 3.

Igualmente se define una tendencia de aceptación del 100%, esto quiere decir que los insumos que fueron brindados a los estudiantes les permitirá realizar los informes pertinentes como constancia del desarrollo de la actividad.

### Pregunta 4.

Cómo valora esta iniciativa de aprendizaje.

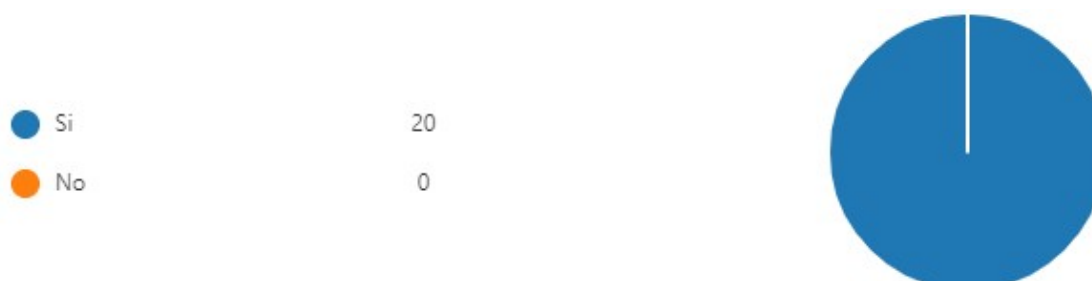


*Figura 71.* Resultados encuesta pregunta 4.

En esta pregunta al 65% de los usuarios les pareció que la iniciativa es Muy Buena, al 30% Buena y al 5% Normal, por lo tanto, al tener una mayoría de aceptación se puede concluir que a los usuarios les agrado la herramienta utilizada ya que les permite afianzar los conocimientos generalmente adquiridos en clase.

Pregunta 5.

Considera que esta metodología podría aplicarse en otras materias.



*Figura 72.* Resultados encuesta pregunta 5.

La utilización de la herramienta desarrollada orientada a las prácticas de laboratorio obtuvo una aceptación del 100% y a su vez los estudiantes desean que sea aplicado con otras materias.

Pregunta 6. Que aspecto positivo brindaría a esta nueva metodología de aprendizaje.

En esta última al ser una pregunta abierta al usuario se obtuvieron aspectos como los siguientes:

- Nueva metodología de estudio
- Mejor aprendizaje
- Innovadora
- Fácil de usar
- Conocimiento óptimo
- Un mayor desempeño en el aprendizaje
- Un aprendizaje óptimo
- Apoyo académico al estudiante

Esta pregunta tuvo como objetivo obtener la expectativa de cada usuario, por lo tanto y de acuerdo con los resultados obtenidos los comentarios son alentadores y positivos, de esta manera se puede inferir que los *Beacons* orientados a la

educación facilitan el proceso de aprendizaje en los estudiantes en un centro educativo.

Finalmente, después del análisis de los resultados que fueron obtenidos de la encuesta efectuada, como tendencia mayoritaria y en términos generales a los estudiantes les agrado la herramienta desarrollada puesto que es de gran ayuda para el complemento de sus estudios universitarios además el presente desarrollo orientado a la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, puede brindar las pautas necesarias para crear un nuevo mecanismo de aprendizaje y enseñanza virtual para la Universidad de Las Américas.

Cabe recalcar que las preguntas fueron pensadas para evaluar el nivel de satisfacción de los estudiantes de acuerdo con la metodología de enseñanza que se aplicó con la ayuda de la aplicación móvil *TeleBeacons Scanner*.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

Con los resultados obtenidos de las encuestas se validó que el mecanismo de enseñanza por medio de la aplicación móvil *TeleBeacons Scanner* facilita el proceso de aprendizaje en los estudiantes ya que en el sitio web se recopiló los principales contenidos curriculares de cada materia integradora. De esta manera se demostró que los *Beacons* orientados a la educación promueven el IoT en un centro educativo.

Con la aplicación desarrollada el proceso de aprendizaje en los estudiantes se encuentra aventajado puesto que al encontrarnos en una época digitalizada el uso de aplicaciones móviles se ha convertido en el principal mecanismo de interacción y aprendizaje.

Puesto que el presente trabajo de titulación se centró en el desarrollo de un prototipo se optó por la utilización de herramientas gratuitas para la elaboración del sitio web en un CMS y aplicación móvil compatible para el sistema operativo Android en el IDE de *Android Studio*, ya que estos ambientes permiten al desarrollador integrar una variedad de aplicaciones tipo *open source* y además son totalmente compatibles de instalación en las plataformas de Windows, Linux y macOS.

La aplicación móvil no está disponible para equipos con sistema operativo *iOS* debido a las limitantes del desarrollo para dichos entornos, igualmente por la falta de herramientas necesarias como lo es el IDE de *Xcode* que únicamente funciona en computadoras con sistema operativo *macOS* y dispositivo móvil *iPhone* para probar la aplicación.

Durante las etapas de desarrollo y primeras pruebas de la aplicación se habilitó el modo desarrollador en el celular Huawei Y6 utilizado, esto se realiza con el objetivo de mejorar la velocidad de compilación del proyecto elaborado en el IDE de *Android Studio* y para instalar directamente la aplicación en el teléfono de

destino puesto que el emulador de dispositivos móviles de *Android Studio* exige elevadas capacidades gráficas y de procesamiento.

Los *Beacons* adquiridos de la empresa *Kontatk.io* se mantienen con las configuraciones por defecto en cuanto al nivel de potencia e intervalo de transmisión, obteniendo de esta manera una duración de batería para cinco años.

En la aplicación móvil desarrollada se validó el funcionamiento del protocolo *iBeacon* desarrollado por Apple en dispositivos Android, sin embargo, se pudo constatar que la transmisión por medio de BLE se ejecuta de forma eficiente. Se ha demostrado de esta manera el principio de funcionamiento de BLE en cualquier dispositivo móvil independientemente del fabricante.

Con los valores correspondientes en cada *Beacon* a un intervalo de transmisión en 350 ms y potencia de -12 dBm, se obtiene una cobertura entre 5 - 6 metros en línea recta. Dado el caso que se requiera cubrir una superficie mayor se debe ubicar estratégicamente los tres dispositivos o incrementar el nivel de potencia ya sea desde la aplicación móvil o *Kontatk.io Panel*.

La señal transmitida por los *Beacons*, a su vez es receptada por medio de la aplicación móvil y de esta manera se genera automáticamente la notificación necesaria para anclarse al sitio web desarrollado de los ejes curriculares de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones de la UDLA, para tal acción se configuró a cada *Beacon* con el paquete de transmisión *iBeacon*, con el mismo UUID e identificador *Major* y *Minor*, puesto que estos valores se encuentran en el código fuente de la aplicación móvil.

Durante la fase de pruebas se evidenció que el texto "*Scanning Beacons*" se posiciona de acuerdo con las dimensiones de la pantalla del dispositivo de destino, sin causar ningún efecto en el funcionamiento de la aplicación por ende esto no afecta con la visualización del *WebView* el cual se adapta con normalidad a cualquier pantalla de destino, además una página desarrollada con un CMS siempre busca verse bien en cualquier dispositivo.

## 6.2 Recomendaciones

Conocer los lenguajes de programación como *Java* y *Kotlin* para desarrollar aplicaciones móviles en el IDE de *Android Studio* y al poseer las herramientas necesarias también *Objective-C* y *Swift* para el IDE de *Xcode* para realizar aplicaciones compatibles con el sistema operativo iOS.

Para realizar una aplicación en *Android Studio* se recomienda poseer una computadora con tarjeta gráfica, procesador *Intel Core i5* o *i7*, sistema operativo de 64 bits y al menos 8 GB de memoria RAM, ya que el IDE de *Android Studio* consume gran cantidad de recursos de la máquina, también es recomendable instalar directamente la aplicación en el celular de destino donde previamente se debe activar el modo de desarrollo y depuración USB para agilizar los tiempos de compilación de un proyecto.

Hay que considerar, cuando se desarrolla una aplicación en el IDE de *Android Studio*, la visualización de la pantalla de destino puede variar ya que el sistema operativo Android se encuentra disponible en varios dispositivos móviles y en algunos casos con diferentes dimensiones de pantalla.

Para añadir imágenes en *Android Studio* ya sea para el logo personalizado de la aplicación o imagen de *background* se recomienda que sean de tipo .png y con fondo transparente.

Mantener las configuraciones por defecto de los *Beacons* independientemente del fabricante permite un desempeño normal y ahorro de batería, a más que la aplicación a ser desarrollada requiera de un mayor rango de cobertura, afectando de tal manera con la duración de la batería que puede reducirse incluso a 2 meses o menos, por lo que en este tipo de aplicaciones se debe adquirir *Beacons* con alimentación continua vía USB como por ejemplo los *Beacons* de la empresa *Radius Networks*.

Antes de ejecutar la aplicación desarrollada se recomienda eliminar las notificaciones que se encuentren activas en el dispositivo móvil como por



ejemplo WhatsApp, Gmail, Outlook entre otros, con el objetivo de obtener un mejor desempeño.

Al trabajar con el perfil de *iBeacon* a futuro y con las herramientas necesarias se puede crear una aplicación compatible para dispositivos con sistema iOS, sin la necesidad de cambiar los parámetros grabados en los *Beacons*.

Realizar las configuraciones de los *Beacons*, como selección de perfiles, nivel de potencia e intervalo de transmisión, por medio de la aplicación móvil del fabricante ya que los cambios ingresados automáticamente se transmiten a los dispositivos de destino por medio de BLE.

Se recomienda adquirir *Beacons* de nueva generación que ofertan los fabricantes ya que estos disponen de una variedad de funcionalidades como localización *indoor* y *outdoor* generalmente utilizado en el sector de logística para hacer un seguimiento en la entrega de productos obteniendo datos de geolocalización y temperatura de manera inmediata.

En cuanto a los mecanismos de aprendizaje que se pueden utilizar con la aplicación móvil desarrollada se recomienda que la carrera realice constantemente campañas de socialización donde se aborde las ventajas competitivas que pueden ser adoptadas en cada semestre curricular.

## Referencias

- 3R Industria 4.0. (s.f.). *Beacons*. Recuperado el 13 de agosto de 2019 de <https://industria40.me/beacons/>
- Allan, A., Coleman, C. y Mistri S. (2015). *Make: Bluetooth. Bluetooth LE Projects for Arduino, Raspberry Pi, and Smartphones*. San Francisco, USA: Maker Media Inc.
- Android Developers. (s.f.). Introducción a Android Studio. Recuperado el 09 de octubre de 2019 de <https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=es-419>
- Arelav. (s.f.). Soluciones y aplicaciones basadas en iBeacons y QR campañas de marketing con código QR y Beacons. Recuperado el 13 de agosto de 2019 de <https://arelav.com>
- Developer Apple Inc. (s.f.). *Getting Started with iBeacon*. Recuperado el 13 de agosto de 2019 de <https://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>
- Developers Google. (s.f.). *Eddystone format*. Recuperado el 13 de agosto de 2019 de <https://developers.google.com/beacons/eddystone>
- Community Estimote, Inc. (s.f.). *Getting started with Estimote*. Recuperado el 12 de agosto de 2019 de <https://community.estimote.com/hc/en-us/articles/360004683772-Getting-started-with-Estimote>
- Estimote, Inc. (s.f.). *Why choose Estimote?*. Recuperado el 12 de agosto de 2019 de: <https://estimote.com/>
- Gaitatzis, T. (2017). *Bluetooth Low Energy: A Technical Primer. (1ª ed.)*. Canadá: BackupBrain Publishing.

- González, D. (2017 ). Beacons en Android. Recuperado el 13 de agosto de 2019 de <https://solidgargroup.com/beacons-en-android?lang=es>
- Gupta, N. (2016). *Inside Bluetooth Low Energy (2ª ed.)*. Boston, USA: Artech House.
- Hanes, D., Salgueiro, G., Grossetete, P., Barton, R. y Henry J. (2017). *IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things*. Indianapolis, USA: Cisco Press.
- Kontakt.io. (s.f.). *Products & Solutions*. Recuperado el 13 de agosto de 2019 de <https://kontakt.io/products-and-solutions/why-kontakt-io/>
- Kontakt.io. (s.f.). *What is a beacon?*. Recuperado el 09 de octubre de 2019 de: <https://kontakt.io/beacon-basics/what-is-a-beacon/>
- Labioud, H., Afifi, H. y De Santis C. (2007). *Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee and WiMax*. Dordrecht, Holanda: Springer.
- Lancom Systems. (s.f.). *The radio technology of the future*. Recuperado el 13 de agosto de 2019 de <https://www.lancom-systems.com/technology/ibeacon-technology/>
- Ligero, R. (2018). 8 cosas que deberías saber sobre los beacons. Recuperado el 12 de agosto de 2019 de <https://accent-systems.com/es/blog/8-cosas-que-deberias-saber-sobre-los-beacons/>
- Meier, R. (2012). *Professional Android 4 Application Development*. Indianapolis, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Notibeacon. (2017). Uso de Beacons en E-commerce. Recuperado el 19 de mayo de 2019 de <https://blog.notibeacon.com/>

Pascual, C. (2012). Bluetooth: criterios de selección y comparativa con otras tecnologías inalámbricas. Recuperado el 19 de mayo de 2019 de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/83/1224/a1224.pdf>

ResearchGate. (s.f.). *Typical architecture for iBeacon based systems*. Recuperado el 19 de agosto de 2019 de: [https://www.researchgate.net/figure/Typical-architecture-for-iBeacon-based-systems\\_fig5\\_319478162](https://www.researchgate.net/figure/Typical-architecture-for-iBeacon-based-systems_fig5_319478162)

Ryte Digital Marketing. (s.f.). ¿Qué es la Tecnología Beacon?. Recuperado el 19 de mayo de 2019 de: <https://es.ryte.com/wiki/Beacon>

Snellman, H. , Savolainen, M., Knaappila, J. y Rahikkala, P. (s.f.). *Bluetooth® 5, Refined for the IoT*. Recuperado el 23 de agosto de 2019 de <https://www.silabs.com/whitepapers/bluetooth-5-refined-for-the-iot>

Tripathy, B. y Anuradha, J. (2018). *Internet of Things (Iot) Technologies, Applications, Challenges, and Solutions*. Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group.

Universidad de las Américas. (s.f.). Ingeniería en Telecomunicaciones. Recuperado el 09 de octubre de 2019 de [https://www.udla.edu.ec/carreras/programas-academicos/pregrados/facultad-de-ingenieria-y-ciencias-aplicadas/ingenieria-en-telecomunicaciones/?fbclid=IwAR2iEiJ7WDgtX0NQglNwgbYRpjeW3Yy6COH9cEL0zQ45xE0aUPGD\\_rCcUUw](https://www.udla.edu.ec/carreras/programas-academicos/pregrados/facultad-de-ingenieria-y-ciencias-aplicadas/ingenieria-en-telecomunicaciones/?fbclid=IwAR2iEiJ7WDgtX0NQglNwgbYRpjeW3Yy6COH9cEL0zQ45xE0aUPGD_rCcUUw)

Webdesdecero. (s.f.). ¿Qué es un CMS y para qué sirve?. Recuperado el 15 de agosto de 2019 de <https://webdesdecero.com/que-es-un-cms-y-para-que-sirve/>

Woolley, M. (2017). *Bluetooth 5: Go Faster, Go Further*. Recuperado el 23 de agosto de 2019 de <https://www.bluetooth.com/bluetooth-resources/bluetooth-5-go-faster-go-further/>

WordPress.org. (s.f.). Sitio oficial WordPress. Recuperado el 15 de agosto de 2019 de <https://es.wordpress.org/>

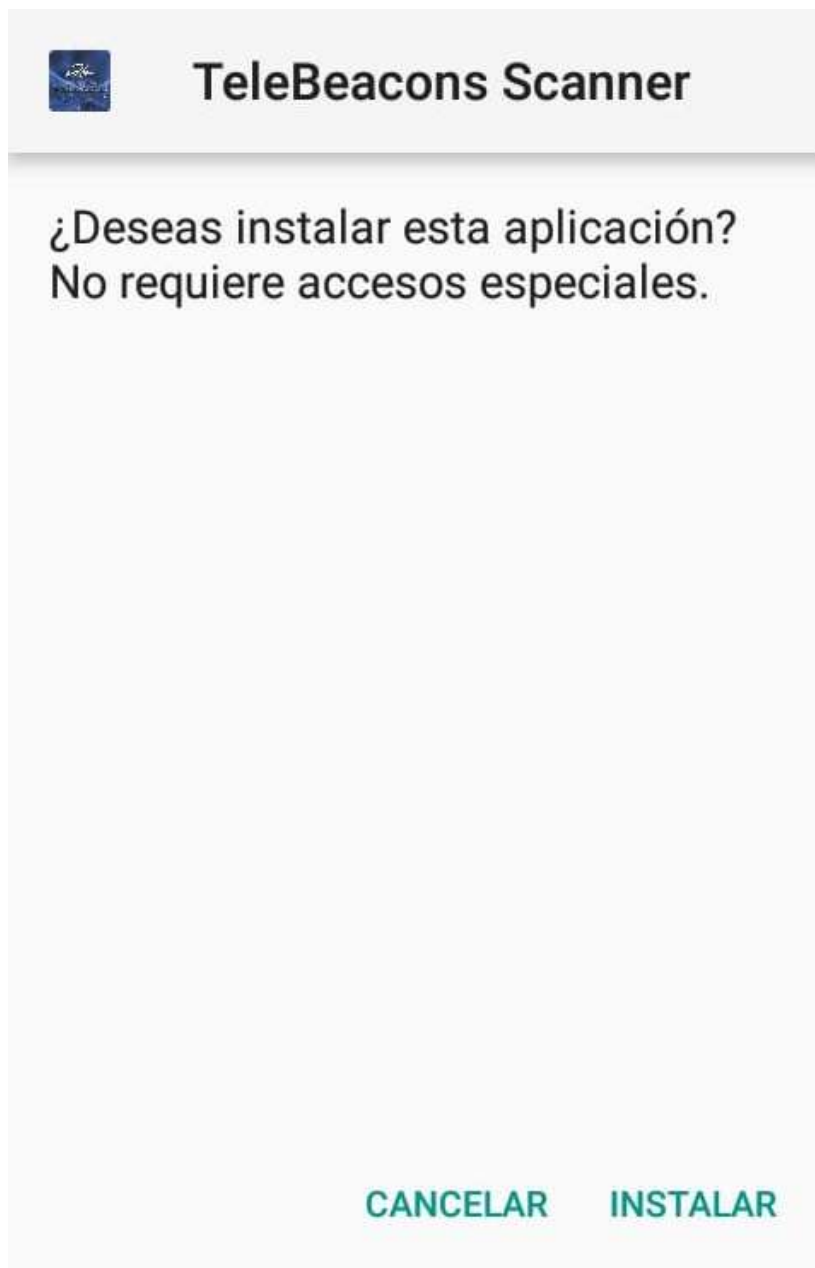
WordPress.org. (s.f.). *WordPress Code Reference*. Recuperado el 10 de octubre de 2019 de [https://codex.wordpress.org/es/Escribiendo\\_un\\_Plugin](https://codex.wordpress.org/es/Escribiendo_un_Plugin)

## **ANEXOS**

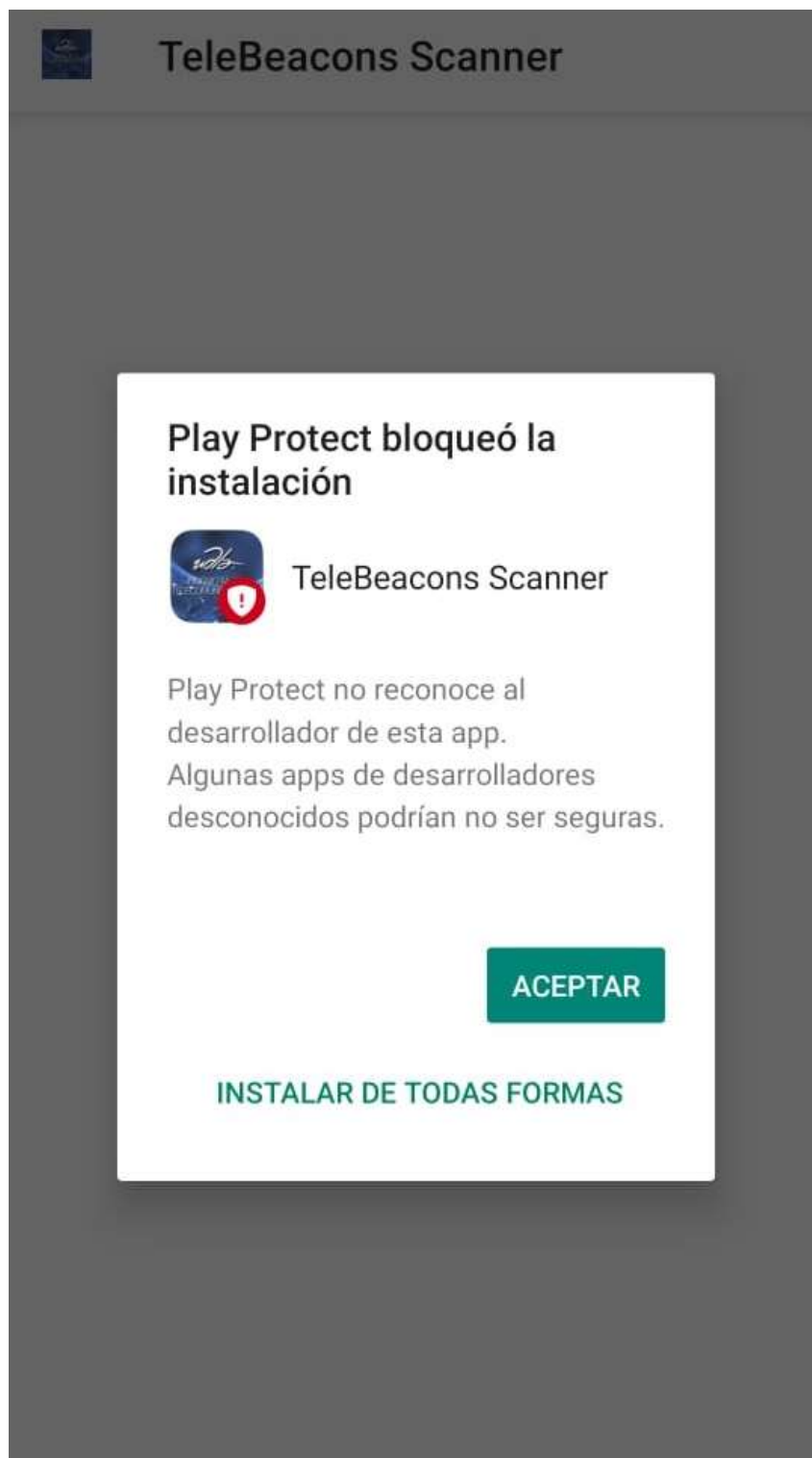
## ANEXO 1

### INSTALACIÓN DE APK EN DISPOSITIVOS CON SISTEMA OPERATIVO ANDROID

Para instalar la aplicación primeramente habilitamos los permisos necesarios para la instalación de fuentes desconocidas, este proceso es automático al abrir la APK, posteriormente se procede con la instalación.



Al momento de la instalación el asistente de *Google Play Protect*, mostrará un cuadro de dialogo, seleccionamos “INSTALAR DE TODAS FORMAS” y la aplicación termina de instalarse.





Finalmente, la aplicación fue instalada correctamente, el usuario puede hacer uso de esta.



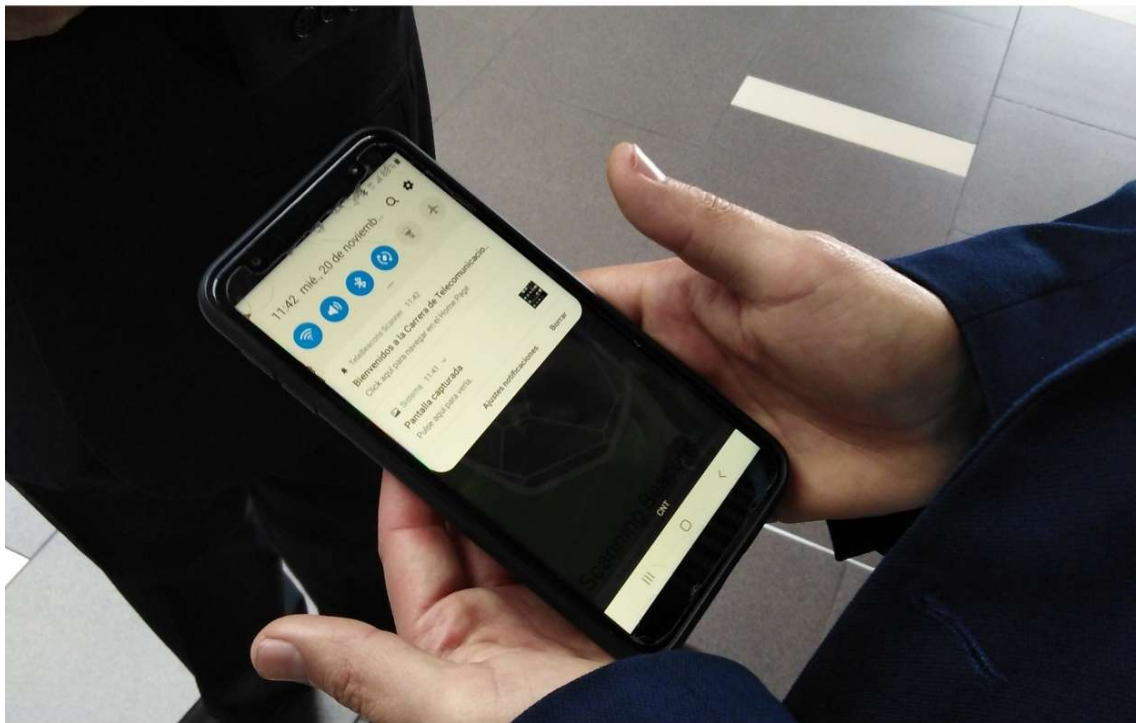
Una vez instalada la aplicación, esta solicitará los permisos necesarios (Localización y Bluetooth) para su funcionamiento.



## ANEXO 2

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN EN EL ENVENTO INTERNACIONAL REALIZADO POR LA ITU Y MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES “AMERICA ACCESIBLE”







## ANEXO 3

### VERSIONES DE ANDROID CON SU RESPECTIVO NIVEL DE API



Nombre versión	Número de versión	Nivel de API
Apple Pie	1.0	1
Banana Bread	1.1	2
Cupcake	1.5	3
Donut	1.6	4
Eclair	2.0 – 2.1	5 – 7
Froyo	2.2 – 2.2.3	8
Gingerbread	2.3 – 2.3.7	9 – 10
Honeycomb	3.0 – 3.2.6	11 – 13
Ice Cream Sandwich	4.0 – 4.0.5	14 – 15
Jelly Bean	4.1 – 4.3.1	16 – 18
KitKat	4.4 – 4.4.4	19 – 20
Lollipop	5.0 – 5.1.1	21 – 22
Marshmallow	6.0 – 6.0.1	23
Nougat	7.0 – 7.1.2	24 – 25
Oreo	8.0 – 8.1	26 – 27
Pie	9.0	28
Android 10	10.0	29

