

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**Desarrollo de mapas de cobertura Wi-Fi
para el análisis de la red**

**(Development of Wi-Fi coverage maps for
network analysis)**

Para acceder al Título de

***Graduado en
Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación***

Autor: Beltrán Cabezas Ruiz
Enero - 2025

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Realizado por: Cabezas Ruiz, Beltrán

Director del TFG: García Gutiérrez, Alberto Eloy

Título: "Desarrollo de mapas de cobertura Wi-Fi para el análisis de la red"

Title: "Development of Wi-Fi coverage maps for network analysis"

Presentado a examen el día: 10 de enero de 2025

para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Lechuga Solaegui, Yolanda

Secretario (Apellidos, Nombre): Laso Pérez, Alberto

Vocal (Apellidos, Nombre): Irastorza Teja, José Ángel

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo: El Presidente

Fdo: El Secretario

Fdo: El Vocal

Fdo: El Director del TFG

(sólo si es distinto del Secretario)

Vº Bº del Subdirector

Trabajo Fin de Grado Nº

(a asignar por Secretaría)

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado presenta el estudio de las tecnologías de localización mediante WIFI para el posicionamiento de interiores, cuyos métodos principales consisten en el estudio de la RSSI y la huella digital (fingerprinting).

Para la elaboración de este proyecto se ha desarrollado una aplicación destinada a detectar los identificadores BSSID de los puntos de acceso (APs) Wi-Fi cercanos, la aplicación permite capturar datos en tiempo real sobre la cobertura de los APs, facilitando la elaboración de planos de señal que visualizan la distribución de la conectividad WI-FI en interiores y el estudio de la intensidad de las señales de los APs en las distintas áreas de la universidad.

El proyecto se divide en varias fases, comenzando por la selección de las tecnologías más adecuadas para la detección y visualización de datos. Utilizando métodos de WI-FI fingerprinting se recolectan los datos necesarios, que incluyen las potencias de señal de los APs y sus ubicaciones aproximadas. Estos datos servirán, una vez procesados, para la representación en planos que destacan las áreas con buena cobertura, identificando posibles puntos de mejora en la infraestructura de la red.

Este trabajo no solo proporciona una herramienta para la gestión de las redes, sino que además plantea las bases para futuras mejoras y aplicaciones en el campo de la localización en los interiores de la universidad, así como la optimización de las redes inalámbricas en esta.

ABSTRACT

This Final Degree Project presents the study of WIFI localization technologies for indoor positioning, whose main methods consist in the study of RSSI and fingerprinting.

For the development of this project, an application has been developed to detect the BSSID identifiers of nearby Wi-Fi access points (APs), the application allows to capture real-time data on the coverage of the APs, facilitating the development of signal maps that visualize the distribution of WI-FI connectivity indoors and the study of the signal strength of the APs in different areas of the university.

The project is divided into several phases, starting with the selection of the most suitable technologies for data detection and visualization. Using WI-FI fingerprinting methods, the necessary data is collected, including the signal strengths of the APs and their approximate locations. This data will be used, once processed, for the representation in maps that highlight the areas with good coverage, identifying possible points of improvement in the network infrastructure.

This work not only provides a tool for network management, but also lays the groundwork for future improvements and applications in the field of indoor location in the university, as well as the optimization of wireless networks in the university.

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción y objetivos.....	13
1.1	Introducción	13
1.1.1	Optimización.....	13
1.1.2	Seguridad	14
1.1.3	Escalabilidad	14
1.2	Objetivos y motivación	14
1.3	Organización del documento	14
2	Marco teórico.....	16
2.1	Redes inalámbricas.....	16
2.1.1	Estándares de las redes Wi-Fi.....	16
2.2	Puntos de acceso	17
2.3	Conceptos clave de un AP	17
2.3.1	BSSID (Basic Service Set Identifier).....	17
2.3.2	SSID (Service Set Identifier).....	17
2.3.3	RSSI (Received Signal Strength Indicator)	18
2.3.4	Relación entre RSSI y la calidad de la conexión.....	18
2.4	Técnicas de localización en interior.....	20
2.4.1	Localización mediante Wi-Fi.....	22
2.4.2	Localización mediante Bluetooth	23
2.5	Mapeo de cobertura.....	24
2.5.1	Tipos de mapeo de cobertura	24
2.5.2	Comparación de tipos de mapeo	25
2.6	Aplicaciones de los datos de los APs en redes universitarias	26
2.6.1	Localización.....	26
2.6.2	Optimización de la cobertura	26
2.6.3	Mantenimiento de la red.....	26
2.6.4	Seguridad	27
2.6.5	Planificación de la infraestructura.....	27
3	Marco práctico	28
3.1	Introducción	28
3.2	Recopilación de datos.....	30
3.2.1	Herramientas utilizadas.....	31
3.2.2	Planificación del escaneo	32
3.3	Aplicación móvil.....	33

3.3.1	Proceso de desarrollo	34
3.3.2	APIs y permisos utilizados	35
3.4	generación de mapas de cobertura.....	35
3.4.1	Metodología para la generación de mapas.....	36
3.5	Análisis de los mapas.....	40
3.5.1	Evaluación general de la cobertura	40
3.5.2	Diferencias de cobertura entre aulas centrales y extremas	41
3.5.3	Interferencia entre APs.....	42
3.5.4	Análisis de la cobertura por frecuencia.....	42
3.5.5	Impacto de las barreras físicas en la señal	43
3.5.6	Recomendaciones para la optimización de la red.....	44
4	Conclusiones y Líneas futuras	45
4.1	Futuras extensiones e integración con la base de datos	45
4.1.1	Identificación de salas	45
4.1.2	Mapeo en tiempo real	46
5	Bibliografía	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Ilustración de fingerprinting	23
Ilustración 2: Mapa de la planta 1 con puntos de medición	29
Ilustración 3: Mapa de la planta 0 con puntos de medición	29
Ilustración 4: Mapa de la planta -1 con puntos de medición	29
Ilustración 5: Interfaz de herramienta NetSpot	31
Ilustración 6: Datos almacenados en Excel	33
Ilustración 7: Interfaz de usuario de la aplicación	34
Ilustración 8: Listado proporcionado por escaneo de la aplicación	35
Ilustración 9: Creación de capa de texto delimitado	36
Ilustración 10: Creación de filtro para diferenciación por plantas	36
Ilustración 11: Plano de la planta 0	37
Ilustración 12: Plano con puntos de referencia añadidos	37
Ilustración 13: Mapa de calor de la planta 0	38
Ilustración 14: Plano con curvas de nivel en planta 0	38
Ilustración 15: Mapa de calor de la sala 04	39
Ilustración 16: Mapa de líneas de curva de la sala 04	39
Ilustración 17: mapa de cobertura piso 1	40
Ilustración 18: mapa de cobertura piso 0	40
Ilustración 19: mapa de cobertura piso -1	41
Ilustración 20: Mapa de calor de la planta -1	41
Ilustración 21: Ejemplo de interferencias en el comportamiento de la red	42
Ilustración 22: Mapa de calor de la sala 04	43
Ilustración 23: Curvas de nivel sala 04	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Relación calidad de la conexión	19
Tabla 2: Técnicas de localización en interiores	21
Tabla 3: Comparación de tipos de mapeo	25

ACRÓNIMOS

Acrónimo	Significado	Descripción
AP	Access Point	Punto de acceso de red Wi-Fi
BLE	Bluetooth Low Energy	Variante de Bluetooth diseñada para aplicaciones de bajo consumo
BSSID	Basic Service Set Identifier	Identificador único de un AP en una red Wi-Fi
GPS	Global positioning System	Sistema de posicionamiento global basado en satélites
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Organización responsable de la creación de estándares tecnológicos
MAC	Media Access Control	Dirección única asignada a interfaces de red para su identificación
OUI	Organizationally Unique Identifier	Identificador de la organización a la que pertenece un dispositivo
RAP	Rogue Access Point	Punto de acceso no autorizado, que puede representar un riesgo
RSSI	Received Signal Strength Indicator	Indicador de la intensidad de la señal recibida en una conexión Wi-Fi
SNR	Signal-to-Noise Ratio	Relación entre la señal deseada y el ruido en una conexión
SSID	Service Set Identifier	Nombre público que identifica una red Wi-Fi específica
TI	Tecnología de la Información	Conjunto de recursos y herramientas para el manejo de información
UI	User Interface	Interfaz de usuario en una aplicación o sistema
Wi-Fi	Wireless Fidelity	Tecnología de conexión inalámbrica utilizada en redes de datos

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En este apartado del proyecto se tratará una pequeña introducción en la que se contextualizará la importancia de las tecnologías de posicionamiento en entornos interiores y los objetivos de este trabajo.

1.1 INTRODUCCIÓN

El posicionamiento por satélite ha quedado demostrado, en cuanto al entorno exterior, ser un gran recurso y una herramienta muy útil con una gran precisión en cuanto a la localización. Esto supone una gran comodidad en nuestras vidas cotidianas, como en la navegación en coche o la planificación en rutas. Además, se han desarrollado grandes softwares de posicionamiento de alta calidad basados en el sistema de posicionamiento global (GPS) [1].

Sin embargo, en entornos interiores, el posicionamiento por GPS no es preciso debido a factores relacionados con el funcionamiento del GPS y las barreras que impiden la recepción de las señales satelitales dentro de los edificios. Por ello, la señal que llega al interior del edificio por parte del satélite suele ser muy débil, por lo que lograr un posicionamiento preciso se vuelve una tarea complicada.

Por tanto, es necesario utilizar otras tecnologías para mejorar el posicionamiento en interiores, aunque con grandes requerimientos, ya que hay que añadir distintos factores que afectan a los mismos, como los materiales de construcción del edificio, las múltiples vías de propagación de la señal, o las interferencias con diferentes señales eléctricas, entre otros.

El mapeo de redes Wi-Fi es una técnica que consiste en analizar y visualizar la cobertura y calidad de las señales Wi-Fi, esto proporciona información sobre la intensidad de la señal en diferentes partes de la ubicación determinada. Los mapas de red pueden ser una de las herramientas más importantes en el arsenal de un equipo de TI. Pueden observar de primera mano de dónde viene el problema, lo que les permite abordarlo de manera rápida y eficiente [2].

En entornos universitarios, el mapeo se vuelve fundamental por varias razones. A continuación, se muestran algunos de los motivos:

1.1.1 Optimización

Un mapeo de redes Wi-Fi permite identificar zonas donde la señal es débil. Esto es crucial en un entorno universitario, donde el acceso a la red debe ser estable para facilitar el aprendizaje, investigación o acceso a plataformas digitales.

Al conocer la distribución de las señales pueden ubicar o reubicar los APs para mejorar la cobertura en los pasillos, aulas o bibliotecas de la universidad. Además, con un mapeo detallado, es posible realizar cambios en los canales de transmisión de los APs para evitar las interferencias en las zonas con mucha demanda.

Un mapeo eficiente evita la instalación innecesaria de APs, lo que supone un ahorro en costos.

1.1.2 Seguridad

El mapeo permite detectar redes no autorizadas o interferencias que puedan suponer un compromiso en la seguridad, lo que ayuda a proteger la red universitaria de accesos no deseados o ataques.

EL conocer las zonas de alta demanda también supone una mejora en la seguridad, ya que así se puede balancear la carga de información para que un solo AP no maneje demasiadas conexiones, evitando caídas o ralentizaciones en la red y reduciendo los periodos de vulnerabilidad de estos.

1.1.3 Escalabilidad

Un mapeo adecuado y detallado permite a la universidad planificar futuras expansiones de la red Wi-Fi, y garantiza que la red de la universidad pueda adaptarse a nuevas demandas.

Por ejemplo, con la llegada de nuevas tecnologías en interiores es necesario un mapeado detallado de la cobertura para realizar una transición hacia estas tecnologías, asegurando que cubran las necesidades de los usuarios.

1.2 OBJETIVOS Y MOTIVACIÓN

En cuanto a los objetivos del Trabajo de Fin de Grado, uno de los principales es la creación de un mapeo de redes Wi-Fi de las plantas 0 y -1 de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación para poder realizar un estudio del funcionamiento de las redes de la universidad. Por otro lado, se pretende analizar también el uso de técnicas de fingerprinting, como alternativa para el desarrollo de posibles utilidades y mejoras en las instalaciones de la escuela, incorporando las facilidades de la localización en interiores.

Es también condición necesaria poder visualizar sobre planos de situación los puntos de mayor conectividad dentro de la Escuela, así como identificar las zonas donde la cobertura es peor. Se analizará la situación de los APs instalados en la universidad y cómo contribuyen al aumento de la RSSI recibida en las distintas aulas de la escuela.

Adicionalmente, es interesante conocer la pérdida de potencia en función de la distancia entre el dispositivo y el AP, así como la influencia del entorno en las interferencias y dichas reducciones.

Lógicamente, todo lo anterior no sería posible sin la definición de una herramienta a medida que permita desarrollar todos los estudios indicados anteriormente, por lo que es necesario desarrollar una aplicación móvil capaz de medir los principales parámetros de los distintos SSIDs y crear una base de datos que permita definir un posible sistema de localización mediante fingerprinting.

1.3 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

Este documento está organizado en cinco capítulos, cada uno de los cuales aborda aspectos clave para el desarrollo de la aplicación móvil y la creación e interpretación del mapeo de la red Wi-Fi en la universidad. A continuación, se detalla el contenido de cada uno de ellos:

El primer capítulo de este trabajo es esta introducción. En él se presentan los objetivos del proyecto y la motivación detrás de su desarrollo, así como la funcionalidad del desarrollo del mapeo de red.

En segundo lugar, se encuentra el marco teórico. En este apartado se abordarán los conceptos y fundamentos teóricos necesarios para entender el desarrollo de la aplicación, la funcionalidad de la red Wi-Fi, el RSSI y la propagación de la señal. También se explican algunas técnicas de localización en interiores.

El siguiente apartado es el marco práctico. En este caso se explica el proceso de recopilación de datos para la creación de la base de datos, el desarrollo de los mapas de cobertura que se usarán para ilustrar el comportamiento de la red Wi-Fi, y el desarrollo de la aplicación móvil en sí. También se presentan algunas de las herramientas utilizadas, como NetSpot y QGIS.

Por último, se finaliza con las conclusiones obtenidas durante el proyecto, y se plantean desarrollos futuros y una reflexión sobre la aportación del trabajo.

2 MARCO TEÓRICO

El desarrollo de un mapeo de cobertura y análisis de la red Wi-Fi en interiores requiere una comprensión sólida de varios conceptos fundamentales en la tecnología de redes y posicionamiento en interiores. A través de esta revisión teórica, se establecen las bases que justifican el desarrollo del proyecto, ofreciendo una perspectiva integral de los métodos y tecnologías que hacen viable el análisis preciso y la optimización de la red Wi-Fi en entornos universitarios.

2.1 REDES INALÁMBRICAS

El término de redes inalámbricas se utiliza para designar la conexión de nodos o dispositivos sin la necesidad de una red cableada, haciéndolo por medio de ondas electromagnéticas [3].

Dentro de estos tipos de redes se encuentran las redes basadas en Wi-Fi, un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.11. Este tipo de tecnología utiliza Access Point (AP) para formar una red inalámbrica que interconecta dispositivos móviles o tarjetas de red inalámbricas.

El Wi-Fi es la tecnología más utilizada para la conectividad en redes locales, esto se debe a su gran flexibilidad, ya que permite acceder a Internet prácticamente desde cualquier punto. Además, nos permite hacerlo sin necesidad de estar limitados por cables.

2.1.1 Estándares de las redes Wi-Fi

Las redes Wi-Fi operan principalmente en dos bandas de frecuencia:

1. **2.4 GHz:** Tiene un mayor rango de cobertura, pero velocidades más bajas, y es más propensa a interferencias debido a la saturación del espectro.
2. **5 GHz:** Ofrece mayor velocidad y menos interferencias, pero su rango de cobertura es más limitado en comparación con 2.4 GHz.

La Wi-Fi está regulada por una normativa denominada IEEE 802.11, como ya hemos nombrado anteriormente. Estos estándares definen las características de las redes inalámbricas.

Algunos de los principales estándares IEEE 802.11 son:

1. **IEEE 802.11b (1999):** Utiliza la banda de 2.4 GHz y ofrece velocidades de hasta 11 Mbps.
2. **IEEE 802.11g (2003):** También usa la banda de 2.4 GHz, pero ofrece velocidades de hasta 54 Mbps.
3. **IEEE 802.11n (2009):** Opera tanto en la banda de 2.4 GHz como en 5 GHz y puede alcanzar velocidades de hasta 600 Mbps.
4. **IEEE 802.11ac (2014):** Funciona solo en la banda de 5 GHz y ofrece velocidades mucho mayores, llegando hasta varios Gbps.
5. **IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6, 2019):** Es una evolución significativa en términos de eficiencia, especialmente en ambientes densos con muchos dispositivos

conectados. Opera en ambas bandas (2.4 GHz y 5 GHz) y puede alcanzar velocidades más altas y reducir la latencia.

La tecnología Wi-Fi que podemos encontrar en la gran mayoría de entornos universitarios es esta última.

2.2 PUNTOS DE ACCESO

Un AP es un dispositivo que se va a conectar al router para poder ofrecer conexión a otro lugar. En otras palabras, crea otro punto al que podemos conectarnos con nuestros dispositivos [4]. La conexión que se realiza entre el AP y el router es mediante cable, y no de forma inalámbrica, esto se hace con la intención de mantener la velocidad y la estabilidad de la conexión.

Gracias a este dispositivo podemos ser capaces de ampliar la presencia de la conexión de Internet a otras zonas. El AP emite una señal Wi-Fi en un área determinado que permite su cobertura, y los dispositivos dentro de ese rango podrán detectar la red y conectarse.

Dentro de la universidad hay múltiples APs distribuidos por edificios y aulas. Todos ellos tienen el mismo SSID, en este caso “eduroam”, pero cada AP tendrá su propio BSSID para identificarse. Este esquema de identificación permite que los estudiantes puedan moverse por el interior de la universidad sin perder señal Wi-Fi en ningún momento, ya que el dispositivo se conectará de forma automática al AP que le ofrezca una mejor RSSI en cada momento. Es decir, el dispositivo cambiará de BSSID al cambiar de aula o entorno en la universidad, pero mantendrá la conexión en el mismo SSID, por lo que la conexión y la calidad de la red serán óptimas en todo momento.

2.3 CONCEPTOS CLAVE DE UN AP

Para entender mejor los términos que se están mencionando en este trabajo y que serán muy importantes para entender el desarrollo de este proyecto se explicarán más detenidamente qué son algunos de los componentes claves del funcionamiento de un AP.

2.3.1 BSSID (Basic Service Set Identifier)

El BSSID es un identificador único que permite distinguir a un AP de otro, por ejemplo, si dentro de una misma aula de la universidad hay varios APs, cada uno de ellos tiene su propio BSSID, lo que permite reconocer a cuál está conectado tu dispositivo [5].

El BSSID está formado por una dirección MAC de 48 bits y se compone de dos partes [5]:

- OUI (Organizationally Unique Identifier): Identifica al fabricante del dispositivo.
- Parte específica del fabricante: Es un código único asignado por el fabricante para identificar el punto de acceso específico.

2.3.2 SSID (Service Set Identifier)

El SSID se trata de un identificador que se utiliza para distinguir entre diferentes redes y puede tener hasta 32 caracteres. Generalmente el SSID se transmiten mediante enrutados inalámbricos, APs y otros dispositivos [6].

En pocas palabras, el SSID es el nombre que el usuario le da a la red inalámbrica.

2.3.3 RSSI (Received Signal Strength Indicator)

El RSSI es una medida esencial en cuanto al rendimiento del Wi-Fi, estas mediciones representan la calidad relativa de una señal recibida en un dispositivo, indicando el nivel de potencia que se recibe después de cualquier posible pérdida debido al entorno.

Este tipo de medida se realiza generalmente en números negativos, teniendo en cuenta que cuanto más cercano al cero mejor. Al igual que el dBm, ambos indican la intensidad de la señal, la diferencia es que dBm es un índice absoluto, mientras que el RSSI es relativo.

El RSSI es importante porque ayuda a los dispositivos a determinar la calidad de la conexión con los APs cercanos. Si el valor de RSSI es bajo, el dispositivo puede optar por cambiar a otro AP que ofrezca una calidad de conexión más fuerte. Además de ser importante para determinar la calidad de la conexión, es una de las métricas más importantes utilizadas en la localización de interiores y en el mapeo de cobertura Wi-Fi, ya que, gracias a la toma de mediciones de este parámetro, se pueden crear mapas que visualizan dónde las señales Wi-Fi de un área son más fuertes o débiles.

2.3.4 Relación entre RSSI y la calidad de la conexión

Esta medida, expresada en dBm, proporciona una estimación de cómo de fuerte o débil será la conexión en un área determinada, y por lo tanto tiene un impacto directo en la calidad de la conexión. La relación entre el RSSI y la calidad de la conexión es realmente importante, ya que esta asegura una experiencia fluida y estable, especialmente en entornos universitarios, donde la conectividad Wi-Fi es esencial [7].

La calidad de la señal es un valor que se mide del 0% al 100%. Cuanto más alto el porcentaje, mayor será la calidad de la conexión. Dependiendo de determinados factores, como el entorno o el tipo de dispositivo, se puede determinar de formas diferentes y se basa en la intensidad de la señal y el margen SNR [7].

EL SNR, o también conocido como relación señal/ruido, se define como la proporción existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe, y este margen es medido en dBm [8]. Los valores de margen SNR más altos significan señales más claras.

$$\text{Margen SNR} = \text{señal (dBm)} - \text{ruido (dBm)}$$

La calidad de la conexión se puede clasificar en función de la relación señal/ruido, en función de las medidas de RSSI y Ruido podremos calcular el SNR, como se ve en la siguiente tabla.

Tabla 1: Relación calidad de la conexión

RSSI	Ruido	SNR	Calidad de la conexión
Alto (-50 dBm)	Bajo (-90 dBm)	Alto (40 dBm)	Alta calidad de la conexión, tanto la señal como la calidad de esta son excelentes, permitiendo una velocidad alta y una latencia baja.
Alto (-50 dBm)	Alto (-70 dBm)	Bajo (20 dBm)	Buena señal, pero baja calidad de conexión, a pesar de que la señal (RSSI) es alta, el ruido reduce en gran medida la calidad de la conexión pudiendo dar lugar a interferencias y una velocidad más baja de la esperada.
Bajo (-80 dBm)	Bajo (-90 dBm)	Bajo (10 dBm)	Baja calidad de conexión, la señal es baja y aunque el ruido también, la conexión resulta en una conexión inestable.
Bajo (-80 dBm)	Alto (-70 dBm)	Muy bajo (10 dBm)	Debido al bajo SNR, los datos no pueden ser transmitidos de manera eficiente, lo que provoca pérdidas de paquetes y caídas frecuentes, ya que el dispositivo y el AP luchan por mantener conexión en un entorno con un nivel de ruido tan alto.

Existen muchos factores externos que pueden afectar al SNR aumentando el ruido de fondo, como las interferencias con otros dispositivos, ya que al operar en la misma frecuencia pueden aumentar el ruido, o la presencia de Wi-Fi cercanas, las redes Wi-Fi en canales cercanos pueden causar también interferencias. Además, los obstáculos físicos también pueden llegar a suponer un problema, ya que pueden debilitar la señal, lo que afecta al SNR.

Aumentar el RSSI en un AP es clave para mejorar la cobertura y la calidad de la conexión Wi-Fi en cualquier entorno. A través de una combinación de optimización en la ubicación, ajustes en la potencia de transmisión, actualizaciones de firmware, mejoras en las antenas y la reducción de interferencias, es posible lograr una red más eficiente y con mayor alcance. A continuación, se describen varias estrategias para aumentar el RSSI y, en consecuencia, la calidad de la señal.

2.3.4.1 Optimizar la ubicación del AP

La ubicación física del AP es un factor muy importante para mejorar el RSSI. El AP debe de instalarse en una posición centrada y elevada, lejos de las paredes o muebles para evitar las interferencias y que la conexión se expanda de la forma más simétrica posible por la sala. En entornos grandes, es recomendable realizar un mapeo para conocer las mejores zonas donde colocar los APs.

2.3.4.2 Ajustes de potencia

La mayoría de APs permiten ajustar la potencia de transmisión de los dispositivos APs, por lo que aumentar la potencia máxima puede aumentar el alcance de la señal y mejorar el RSSI en dispositivos ubicados a una distancia mayor. Sin embargo, es importante equilibrar la configuración, ya que aumentar la potencia puede generar interferencias con otros APs cercanos, lo que reduciría el rendimiento de la red. Es importante realizar un ajuste de la configuración adecuado, un mayor rango de conexión

no es eficiente si se dispone de un número elevado de APs que se encargan de cubrir una mayor zona, por lo que tan solo estaría generando interferencias.

2.3.4.3 Actualizar Firmware

EL firmware es un tipo de software preinstalado en el hardware del dispositivo que controla las funciones básicas y operativas. Este firmware define cómo el AP gestiona las conexiones inalámbricas, transmite la señal Wi-Fi, interactúa con otros dispositivos en la red, y responde a diferentes configuraciones y comandos del usuario.

El firmware del AP puede incluir mejoras en el rendimiento y la estabilidad de la señal, así como soluciones para posibles errores o problemas de interferencia. Mantener el firmware actualizado garantiza que el AP funcione de manera óptima y pueda ofrecer una mejor señal. Además, algunos fabricantes ofrecen actualizaciones con nuevas características que optimizan el uso del espectro de radiofrecuencia.

2.3.4.4 Reducir interferencias

Como se ha comentado, las interferencias de otros dispositivos o redes Wi-Fi cercanas pueden reducir significativamente el RSSI. Cambiar el AP a la banda de 5 GHz, que está menos congestionada, o seleccionar manualmente un canal menos saturado puede mejorar el rendimiento de la señal.

2.3.4.5 Aumentar el número de APs

En grandes áreas con muchas barreras físicas, como edificios universitarios o fábricas, aumentar el número de APs puede mejorar la cobertura y el RSSI en zonas específicas. Distribuir adecuadamente más APs asegura que no haya áreas de señal débil o zonas muertas. Es importante, sin embargo, evitar la sobrepoblación de APs en una misma área, ya que esto puede causar interferencias entre ellos y afectar negativamente el rendimiento.

2.3.4.6 Actualizar a estándares más recientes

Los estándares más recientes, como Wi-Fi 6 (802.11ax), no solo ofrecen mayor velocidad, sino también una mejor gestión de múltiples dispositivos conectados y una mejora en la eficiencia de la señal, lo que puede resultar en un mejor RSSI. Actualizar el AP a un modelo que soporte estándares modernos permite aprovechar estas mejoras y ofrecer una señal más fuerte y estable.

2.4 TÉCNICAS DE LOCALIZACIÓN EN INTERIOR

Las aplicaciones de navegación en exteriores, como aquellas que utilizan el GPS para guiar a los usuarios durante viajes en coche o para encontrar ubicaciones desconocidas, se han convertido en una herramienta esencial en la vida cotidiana. Hace solo unos años, orientarse requería el uso de mapas físicos, lo que limitaba la eficiencia y la rapidez en la búsqueda de direcciones. Hoy en día, el GPS ha facilitado enormemente esta tarea, haciendo posible que cualquier persona se ubique de manera rápida y precisa en exteriores. [9].

Sin embargo, a pesar de los avances en navegación exterior, los entornos interiores presentan desafíos únicos. A diferencia de los espacios abiertos, donde el GPS funciona con alta precisión, las señales satelitales no llegan adecuadamente a través de paredes y techos, lo que impide la localización precisa dentro de edificios. Esto ha hecho

necesaria la investigación y el desarrollo de sistemas de localización en interiores. En entornos como universidades, hospitales o grandes centros comerciales, la capacidad de saber la ubicación exacta dentro de un edificio ofrece beneficios claros: mejora la navegación, optimiza la gestión de espacios y facilita el acceso a información crítica. Además, estos sistemas pueden ayudar a los usuarios a encontrar aulas, oficinas o recursos específicos sin perder tiempo. Así, la localización en interiores se convierte en una herramienta clave, complementando el GPS exterior y garantizando una experiencia de usuario fluida y eficiente.

Las técnicas más utilizadas para la realización de posicionamiento en interiores en este tipo de sistemas son los siguientes que aparecen en la tabla siguiente [10]:

Tabla 2: Técnicas de localización en interiores

Técnica	Descripción	Requerimientos	Ventajas	Desventajas
Trilateración	Calcula la posición midiendo distancias hasta varias balizas de referencia.	Mínimo 3 balizas no colineales para localización en 2D.	Método preciso si las distancias se miden correctamente. [2]	Requiere muchas balizas y puede haber errores en la medición de distancias.
Triangulación	Utiliza ángulos y distancias, con 2 ángulos y 1 distancia para 2D.	2 ángulos y la distancia entre 2 puntos.	Funciona con menos puntos de referencia que la trilateración.	La precisión depende de la correcta estimación de los ángulos.
Multilateración	Basada en la diferencia del tiempo de llegada de las señales para calcular distancias.	Medición precisa del tiempo de llegada de la señal.	Mayor precisión al calcular la posición con el tiempo de llegada.	Necesita sincronización precisa de los relojes de los nodos.
Análisis de escena	Analiza la escena con cámaras u otros sensores para detectar cambios.	Cámaras u otros sensores para capturar la escena.	Detecta cambios en tiempo real en la escena observada.	Requiere equipos adicionales como cámaras o sensores de visión.
Proximidad	Detecta proximidad de un objeto a una ubicación conocida mediante sensores o tags.	Sensores de presión, capacitancia, tacto, tags o sistemas de login.	Fácil implementación para detección de cercanía.	No proporciona una ubicación exacta, solo indica cercanía.
Fingerprinting	Compara la huella de la señal recibida (como RSSI) con una	Base de datos previa con mediciones de la señal en	No requiere línea de vista directa y funciona bien en	Requiere un proceso previo de re-

	base de datos de señales conocidas en diversas ubicaciones.	diferentes ubicaciones.	entornos con interferencias.	colección de datos y actualizaciones frecuentes.
--	---	-------------------------	------------------------------	--

Teniendo en cuenta que el GPS no funciona en el interior, el posicionamiento depende de otros sistemas como puede ser las señales Wi-Fi, los iBeacons Bluetooth, sensores inerciales, entre otros. Ahora se profundizará un poco en algunos de ellos [9].

2.4.1 Localización mediante Wi-Fi

El posicionamiento por Wi-Fi es una solución muy habitual, ya que, hoy en día, el Wi-Fi está en todas partes. Por eso, hay dos principales técnicas de posicionamiento por Wi-Fi: trilateración y fingerprinting.

La técnica de trilateración utiliza la intensidad de la señal de varios APs para estimar la distancia entre el dispositivo y cada AP. Mediante el cálculo de las distancias relativas a tres o más APs conocidos dentro del edificio, se puede determinar la posición aproximada del dispositivo en un plano 2D. Este proceso se basa en la premisa de que cada AP tiene una ubicación conocida y fija en el espacio, y que las señales se propagan de manera uniforme, permitiendo que los valores de RSSI se conviertan en medidas de distancia.

Sin embargo, en la práctica, el uso de trilateración en entornos interiores presenta desafíos significativos. Las señales Wi-Fi suelen verse afectadas por obstáculos como paredes, mobiliario y otros dispositivos electrónicos que generan interferencias, lo que puede distorsionar las mediciones de RSSI y, por ende, los cálculos de distancia. Esta variabilidad en la señal dificulta la precisión de la trilateración, especialmente en edificios con estructuras complejas o materiales que absorben o reflejan señales, como el concreto y el metal. Además, la trilateración requiere que se disponga de múltiples APs con buena distribución espacial y señal consistente, lo cual no siempre es viable en todos los entornos interiores.

Por otro lado, La técnica de fingerprinting determina la ubicación de un dispositivo comparando la intensidad de la señal recibida de cada AP con patrones de intensidad previamente registrados en distintas ubicaciones del edificio. Estos patrones de señal se almacenan en una base de datos durante una fase de preparación conocida como generación de huellas. En este proceso, se realizan mediciones detalladas de la RSSI en varias áreas específicas, creando un "mapa" de la señal que representa cómo se distribuyen las potencias de cada AP en distintos puntos de la zona del edificio [9]. Este proceso se puede ver representado en la ilustración 1 que se encuentra más adelante.

Se eligió el fingerprinting como técnica en este proyecto por sus ventajas significativas frente a otros métodos de localización. A diferencia de la trilateración, que se basa en cálculos de distancia sensibles a la interferencia de obstáculos físicos (paredes, puertas, mobiliario) y otros dispositivos electrónicos, el fingerprinting captura un patrón detallado de la señal, que toma en cuenta las variaciones propias del entorno interior. Esto permite que el sistema pueda identificar la ubicación del usuario con mayor precisión, incluso cuando existen fluctuaciones en la señal debidas a la disposición física del espacio o al cambio de elementos en el entorno.

Para poder realizar este tipo de tecnología se necesita realizar un proceso de generación de la huella, esto es, realizar una base de datos que almacene las RSSI captadas en las distintas zonas del edificio.

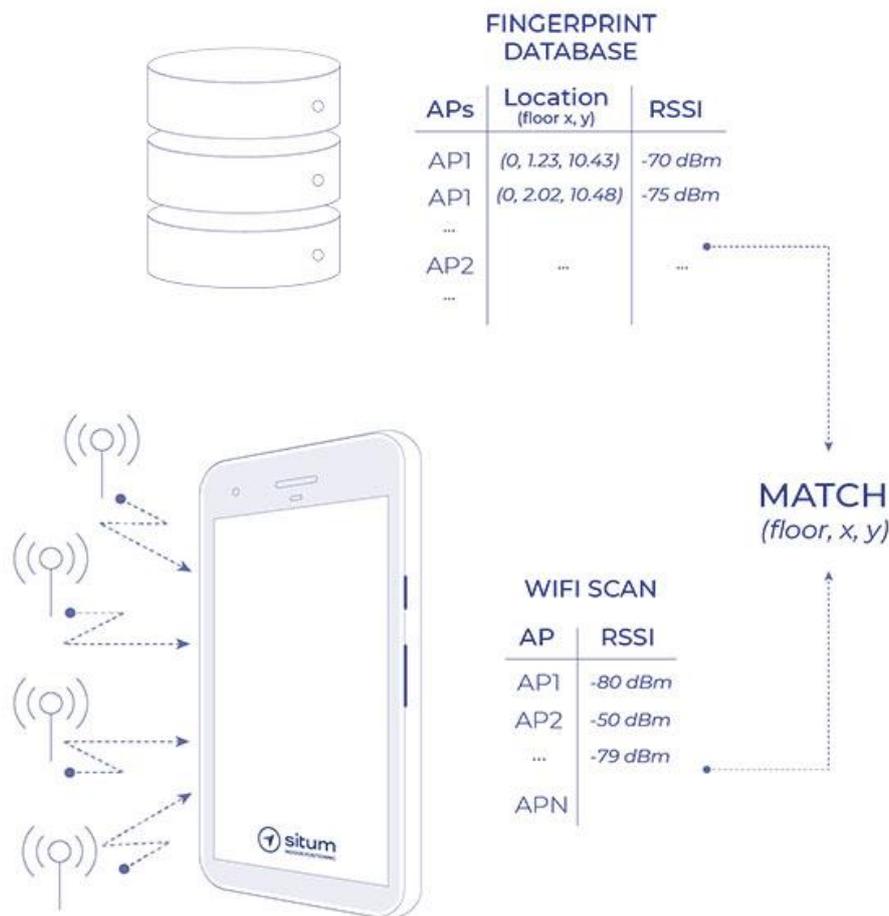


Ilustración 1: Ilustración de fingerprinting

Fuente: Situm.com

El método de fingerprinting ha demostrado ser la mejor opción para la localización de interiores, ya que aporta una mayor flexibilidad en diferentes ambientes y proporciona una mayor precisión y mejor robustez contra las interferencias [9].

En el marco práctico de este trabajo de fin de grado se desarrollará más acerca del proceso de fingerprinting en señales Wi-Fi, de los procesos previos que se debe realizar y de los datos que proporcionan estos procesos para el análisis y estudio de las redes Wi-Fi en la universidad.

2.4.2 Localización mediante Bluetooth

Con la adopción del estándar Bluetooth 4.0, surgieron en el mercado los beacon Bluetooth. Un beacon Bluetooth es un dispositivo que emite señales de radio utilizando la tecnología Bluetooth Low Energy (BLE). Estos dispositivos están diseñados para emitir de forma periódica pequeños paquetes de datos a dispositivos cercanos con Bluetooth.

La versión BLE consume muy poca energía, con la intención de funcionar durante un largo periodo de tiempo con una pequeña batería. Como con el Wi-Fi, las técnicas que

se puede utilizar con esta tecnología son la trilateración y el fingerprinting. Los sistemas de localización en interiores basados solo en beacons no tienen una gran precisión, por lo que se recomienda la instalación de muchos de estos beacons, pero esto supone una instalación de mayor hardware, lo que supone un aumento del presupuesto [9].

2.5 MAPEO DE COBERTURA

Un mapeo de cobertura es un proceso por el cual se mide y visualiza la distribución e intensidad de la señal de la red en un área geográfica específica. El objetivo de estos mapas es el de identificar cómo se propaga la señal Wi-Fi de los APs en distintos lugares, para detectar las zonas con buena o mala cobertura.

En la actualidad, la conectividad inalámbrica se ha convertido en un elemento esencial para el funcionamiento eficiente de diversos entornos, especialmente en instituciones como las universidades, donde el acceso constante y fiable a la red es fundamental para el trabajo académico y administrativo. En este contexto, garantizar una cobertura adecuada y optimizada de la red Wi-Fi es crucial para evitar zonas de baja conectividad o interrupciones que afecten la experiencia del usuario. Para abordar esta necesidad, el mapeo de cobertura Wi-Fi se presenta como una herramienta clave que permite evaluar y mejorar la distribución de la señal en áreas específicas.

Las redes inalámbricas funcionan mediante estaciones de base, cuantas más personas utilicen sus dispositivos dentro de un área de cobertura geográfica, más estaciones de base serán necesarias en el área.

Como se ha mencionado anteriormente, realizar un proceso de mapeo implica la recopilación de datos previos sobre la señal en un área determinada, con la intención de poder visualizar y analizar la calidad y distribución de la cobertura. Para ello, se utilizan dispositivos móviles u otras herramientas especializadas en capturar información relevante como el RSSI, los BSSID de los APs cercanos y conocer las características del entorno en el que se va a realizar el mapeo, ya que puede ser relevante esta información para tener en cuenta cómo afectan las paredes o muebles a la propagación de la señal. El procedimiento suele incluir el desplazamiento por diferentes ubicaciones dentro del área de estudio registrando los niveles de señal en cada punto para generar un mapa de calor o gráfico que visualice las zonas de mayor y menor cobertura.

Existen diferentes métodos de mapeo, cada uno con sus particularidades y aplicaciones, los cuales facilitan la obtención de datos, a continuación, se describen los principales tipos de mapeo de cobertura utilizados en la actualidad.

2.5.1 Tipos de mapeo de cobertura

Existen diferentes métodos para realizar el mapeo de cobertura Wi-Fi, cada uno con sus propias características y enfoques. La elección de la técnica adecuada depende de los recursos disponibles, la precisión que se requiera y el entorno en el que se va a realizar el mapeo. A continuación, se describen los dos principales tipos de mapeo utilizados:

2.5.1.1 *Walk testing*

El walk testing es una prueba que se realiza a una red inalámbrica con el propósito de conocer la calidad de la señal durante todo el recorrido en una zona determinada.

Implica desplazarse físicamente por el área en cuestión mientras se utilizan determinadas herramientas de medición para registrar la intensidad de la señal. Como resultado se obtendrán un mapa de calor con diferentes colores que representa la intensidad de la señal en cada punto medido.

2.5.1.2 Fingerprinting

El fingerprinting es una técnica avanzada de mapeo en el que se debe de construir una base de datos con la intensidad de la señal Wi-Fi medida en diferentes puntos dentro de la zona que se quiere analizar. Cada ubicación tiene una "huella" que se registra en función de la intensidad de la señal recibida de los diferentes APs.

Una vez se obtiene la base de datos, un dispositivo es capaz de determinar su posición en la zona comparando las mediciones realizadas del RSSI con las guardadas dentro de la base de datos.

2.5.2 Comparación de tipos de mapeo

A continuación, se muestra una tabla comparativa, con las ventajas y desventajas que presentan ambos métodos de mapeo de cobertura:

Tabla 3: Comparación de tipos de mapeo

Características	Walk Testing	Fingerprinting
Definición	Método que implica caminar por el área mientras se registran los datos en tiempo real.	Técnica que construye una base de datos con la "huella" de señal en puntos específicos de un área.
Información proporcionada	RSSI, BSSID, latencia y otros parámetros de red.	RSSI de múltiples APs en ubicaciones determinadas, formando una huella para cada punto.
Precisión de la localización	Buena para evaluar la cobertura general, pero limitada en precisión para localización en interiores.	Alta precisión para localización en interiores debido a la base de datos de huellas digitales de señal.
Método de posicionamiento	Basado en la lectura directa de los niveles de señal en diferentes puntos del recorrido.	Comparación entre la señal recibida en tiempo real y las huellas almacenadas en la base de datos.
Funciones principales	Evaluación de la cobertura general de la red, detección de zonas de sombra y análisis de calidad de señal.	Localización precisa de dispositivos en interiores, navegación en interiores y optimización de cobertura.
Ventajas	- Método directo y sencillo de implementar. - Proporciona una visión clara de la cobertura de señal en tiempo real.	- Alta precisión en la localización. - Permite una estimación precisa de la posición basándose en datos preexistentes.
Desventajas	- Menos preciso para la localización de dispositivos. - Requiere más tiempo para recorrer físicamente el área.	- Creación de la base de datos inicial en tiempo y recursos. - La red puede cambiar con el tiempo, requiriendo actualizaciones de la base de datos.
Tiempo de implementación	Requiere recorrer toda el área en cuestión para registrar datos.	Inicialmente más laborioso debido a la necesidad de crear una base de datos.
Aplicabilidad	Ideal para analizar la cobertura general y detectar áreas de señal débil.	Ideal para aplicaciones de localización en interiores, como navegación y rastreo preciso de dispositivos.

2.6 APLICACIONES DE LOS DATOS DE LOS APs EN REDES UNIVERSITARIAS

En el contexto de las redes inalámbricas universitarias, el análisis y la gestión de los puntos de acceso desempeñan un papel crucial en la optimización de la conectividad y en la mejora de la seguridad y eficiencia de la red. La recopilación de datos detallados sobre los APs, como la intensidad de la señal, las ubicaciones, el BSSID y el SSID, puede ser aprovechada para varios fines, tales como la localización de dispositivos, la optimización de la cobertura, el mantenimiento de la red, la seguridad y la planificación de la infraestructura. A continuación, se describen algunas de las aplicaciones más relevantes de estos datos en el entorno universitario.

2.6.1 Localización

Una de las aplicaciones más destacadas de los datos de los APs es la localización en interiores. Al comparar los BSSIDs detectados por un dispositivo móvil con los datos almacenados en una base de datos, es posible determinar la posición exacta del dispositivo dentro del campus universitario. Esta tecnología de localización basada en Wi-Fi permite a los usuarios recibir información sobre su ubicación dentro de los edificios, facilitando, por ejemplo, la navegación por el campus o la gestión eficiente de los recursos y servicios universitarios.

2.6.2 Optimización de la cobertura

La información recopilada acerca de los niveles de RSSI proporcionados por los APs es esencial para la optimización de la cobertura de la red inalámbrica. Analizando estos datos en diversas ubicaciones, se pueden identificar zonas con señal débil o nula, lo que permite ajustar la distribución de los APs para mejorar la calidad de la conexión. Esta optimización no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también contribuye a una gestión más eficiente de los recursos de la red. En zonas de alta demanda, como bibliotecas o áreas de estudio, la redistribución de los APs puede asegurar una conexión más estable y rápida para los usuarios.

Además, los datos sobre la interferencia entre señales de diferentes APs permiten realizar ajustes en los canales para reducir el solapamiento de señales, evitando así problemas de interferencia que puedan afectar al rendimiento de la red.

2.6.3 Mantenimiento de la red

El mantenimiento continuo de la red Wi-Fi es fundamental para asegurar su rendimiento en un entorno universitario, donde la demanda de conectividad es constante y elevada. Los administradores de la red pueden utilizar los datos almacenados en la base de datos para realizar un seguimiento histórico del rendimiento de cada AP, incluyendo métricas como la intensidad de la señal, la velocidad de conexión y la latencia. Esta información facilita la detección temprana de problemas, como un AP con mal funcionamiento o que necesita ser reubicado.

Además, los APs deben mantenerse actualizados con las últimas versiones de firmware para garantizar su seguridad y funcionamiento óptimo. La base de datos permite gestionar de manera centralizada las actualizaciones de los APs, lo que facilita la administración de grandes redes, como las de una universidad.

2.6.4 Seguridad

La seguridad de la red Wi-Fi en una universidad es una preocupación crítica debido al flujo constante de usuarios y la sensibilidad de la información que circula a través de la red. Los datos almacenados de los APs permiten identificar puntos de acceso no autorizados, conocidos como rogue APs.

Los rogue APs, o RAP, son puntos de acceso que se instalan en una red sin el conocimiento o autorización de los administradores de una empresa o institución y manejado por alguien no aprobado ajeno a esta [16]. Una vez activo, el RAP actúa como una puerta trasera, permitiendo a usuarios externos conectarse a la red y, potencialmente, acceder a información confidencial.

Estos dispositivos, que pueden ser instalados sin la aprobación de los administradores de red, pueden representar una puerta de entrada para ataques maliciosos, como los ataques de man-in-the-middle o la distribución de malware.

Mediante la comparación de los BSSIDs detectados con los registrados en la base de datos, los administradores pueden detectar la presencia de APs no autorizados y tomar las medidas necesarias para proteger la red. Además, la identificación de rogue APs ayuda a prevenir ataques de denegación de servicio (DoS), los cuales buscan sobrecargar la red con tráfico excesivo, impidiendo su funcionamiento normal.

2.6.5 Planificación de la infraestructura

La planificación a largo plazo de la infraestructura de red de una universidad es esencial para garantizar que la red sea capaz de escalar conforme aumenten las necesidades de conectividad. Una base de datos organizada y actualizada de los APs permite a los administradores de red tomar decisiones informadas sobre la expansión y la reconfiguración de la infraestructura.

Al contar con datos detallados sobre la ubicación, capacidad y uso de cada AP, es posible identificar las áreas del campus con mayor demanda de conectividad y, por lo tanto, planificar la instalación de nuevos APs o la reubicación de los existentes. Además, este enfoque facilita la gestión eficiente del consumo energético, ya que se pueden optimizar los recursos, minimizando la cantidad de APs activos en zonas de baja utilización y reduciendo costos operativos.

3 MARCO PRÁCTICO

En este apartado se detallará el proceso de implementación y desarrollo del sistema propuesto para la detección y mapeo de la cobertura Wi-Fi en las dos primeras plantas de la ETSIIT. A continuación, se describirán las herramientas empleadas, el desarrollo de la aplicación que permite la captura de las señales Wi-Fi, así como los métodos empleados para generar los planos de cobertura. Además, se realizará un análisis de la calidad de la señal en diferentes zonas de la facultad y, a través de esta información y los planos obtenidos, se explicará cómo funciona la red Wi-Fi, la función de los APs y la importancia de su distribución.

3.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con lo visto en el marco teórico, el primer paso clave para implementar el método de fingerprinting es la recopilación de datos previos. Este proceso implicó recorrer las instalaciones de la universidad, tomando medidas de la potencia de la señal Wi-Fi en una serie de puntos predefinidos a lo largo de las plantas 1, 0 y -1. Estas ubicaciones se eligieron estratégicamente para cubrir todas las áreas de interés, garantizando que los datos sean representativos y puedan ofrecer una imagen clara de la cobertura de la red en distintos espacios de la universidad.

Los datos obtenidos, que incluyen la identificación de los APs cercanos y el nivel de potencia de señal, fueron almacenados en una hoja de datos estructurada. Este formato de almacenamiento permite analizar posteriormente los resultados y visualizar la calidad de la señal en distintas ubicaciones, lo cual es crucial para la construcción de un mapa de cobertura preciso y para aplicar técnicas de localización en interiores mediante el fingerprinting.

Para una mayor claridad, en las siguientes imágenes se presenta el mapa de las plantas 1, 0 y -1 con los puntos exactos donde se realizaron las mediciones. Esto proporciona una referencia visual sobre la distribución de las zonas cubiertas durante la fase de recopilación de datos.

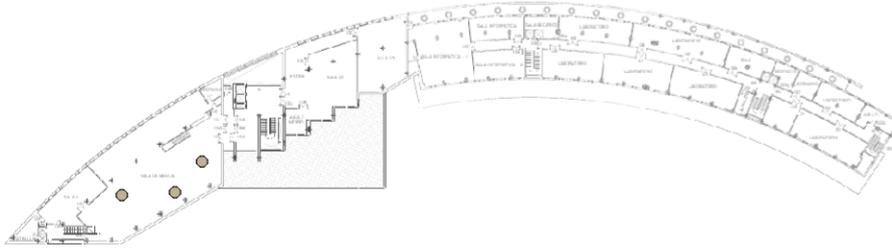
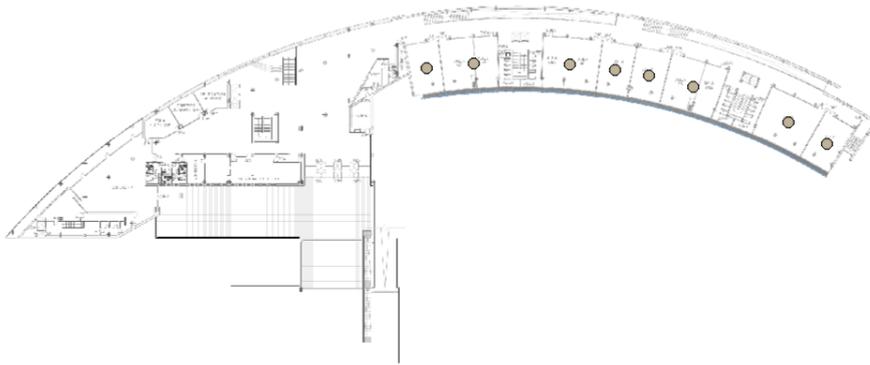


Ilustración 2: Mapa de la planta 1 con puntos de medición



E.T.S. DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE

Ilustración 3: Mapa de la planta 0 con puntos de medición

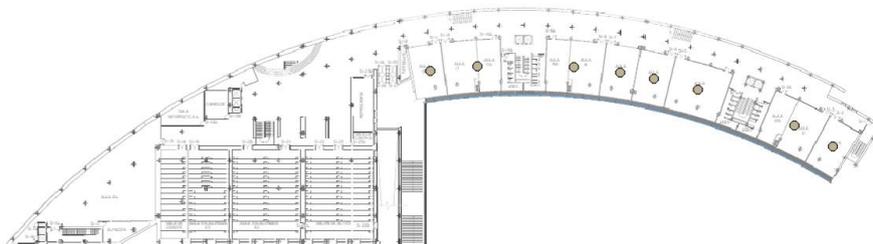


Ilustración 4: Mapa de la planta -1 con puntos de medición

Los datos capturados se almacenaron en un Excel, almacenando las siguientes entidades:

- **APs:** Cada registro contenía información sobre el BSSID, el SSID (nombre de la red), la ubicación geográfica (o referencia a un plano), y la frecuencia de operación.
- **Mediciones de RSSI:** Se registraron las mediciones de la potencia de la señal (RSSI) capturadas en distintas ubicaciones.
- **Ubicación:** Se incluyó una tabla que almacenaba las coordenadas en referencia a los planos del campus donde se realizaron las mediciones.

Este enfoque permitió una recolección sistemática de datos que facilitó la posterior generación de los planos de cobertura. Los datos fueron organizados para que pudieran ser analizados mediante herramientas de visualización, que reflejaran las variaciones de señal en el campus y la intensidad de señal en diferentes áreas de la facultad.

Los resultados obtenidos permitieron identificar las zonas con mejor y peor cobertura Wi-Fi, así como áreas de sombra o con interferencias. Estos resultados son fundamentales para evaluar la calidad de la red en distintos espacios y ofrecer recomendaciones de optimización de la infraestructura de red.

Por otro lado, En este marco práctico se describen los pasos seguidos en el desarrollo de una aplicación móvil que tiene como función principal escanear los BSSIDs y SSIDs de los puntos de acceso Wi-Fi cercanos y mostrarlos en una lista. Esta funcionalidad básica permite capturar datos relevantes sobre las redes inalámbricas disponibles en el entorno, proporcionando una base sólida para futuras mejoras y aplicaciones más avanzadas.

La aplicación fue diseñada para ser simple e intuitiva, con un botón que, al ser presionado, activa el escaneo de las redes Wi-Fi a través de las APIs disponibles en el sistema operativo móvil. Una vez escaneados los puntos de acceso cercanos, se generan listados que contienen la información de los BSSIDs y los SSIDs, permitiendo a los usuarios visualizar qué redes están presentes en su ubicación actual. Esta capacidad de captura de datos es clave para el futuro potencial de la aplicación.

Adicionalmente se detalla el uso de las APIs necesarias para acceder a la información de las redes Wi-Fi desde el dispositivo móvil, así como las bibliotecas o frameworks empleados para manejar esta información de manera eficiente. Además, se describirán los posibles métodos de almacenamiento de los datos recogidos y el posible funcionamiento de la comparación con la base de datos de referencia.

De este modo, el marco práctico aborda tanto la implementación técnica de la aplicación actual como las posibilidades futuras mejoras que ofrece este concepto, permitiendo una evolución continua de la herramienta a medida que se identifican nuevas necesidades y oportunidades.

3.2 RECOPIACIÓN DE DATOS

En este apartado se describirá el proceso realizado para obtener la base de datos previa para la realización del fingerprinting. Como ya se ha comentado en el marco teórico,

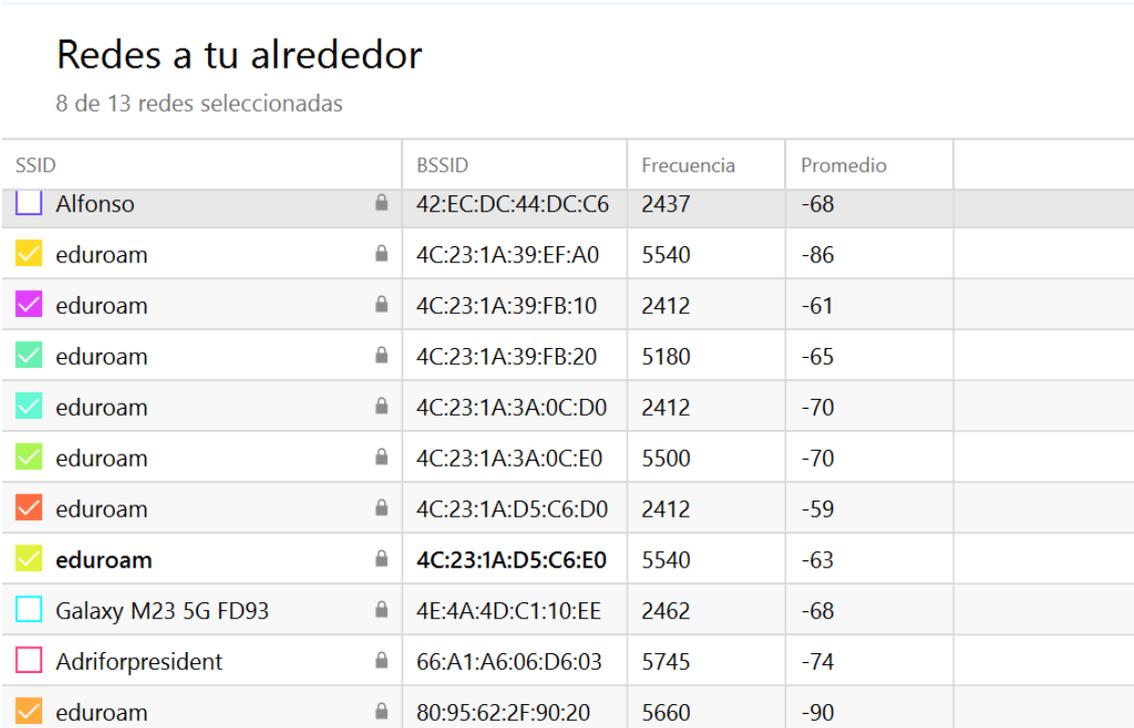
para realizar el fingerprinting es necesario recopilar información previa de las áreas donde se quiere realizar el método de localización de fingerprinting.

3.2.1 Herramientas utilizadas

Para la realización de esta fase del proyecto, se ha utilizado [NetSpot](#) como herramienta principal para la recopilación de datos dentro de la universidad. NetSpot es un software que permite la realización de site surveys y la obtención de información detallada sobre los puntos de acceso que el dispositivo puede detectar. Esta funcionalidad resulta esencial para un análisis preciso de la cobertura y la calidad de señal Wi-Fi en cada zona evaluada.

La elección de NetSpot se debe a varias razones. En primer lugar, la versión gratuita de esta herramienta ofrece capacidades suficientemente robustas para cubrir las necesidades del proyecto, a diferencia de otras alternativas en el mercado que requieren licencias de pago para acceder a sus características avanzadas. Esto permite realizar un número ilimitado de escaneos de red, algo fundamental dado que la base de datos requiere tomar mediciones en múltiples puntos de la universidad.

Adicionalmente, NetSpot permite capturar datos clave como BSSIDs, SSIDs y RSSI, que son elementos cruciales para construir un perfil preciso de cada AP. Esta funcionalidad facilita el análisis de la red y la localización de áreas con diferentes niveles de intensidad de señal. Su interfaz intuitiva permite obtener los datos necesarios sin necesidad de un aprendizaje prolongado, lo que resulta ideal para quienes no tienen experiencia en análisis de redes, como se puede observar en la siguiente ilustración. Asimismo, su compatibilidad con Windows y macOS facilita la elección del dispositivo para el registro de datos.



SSID	BSSID	Frecuencia	Promedio	
<input type="checkbox"/> Alfonso	42:EC:DC:44:DC:C6	2437	-68	
<input checked="" type="checkbox"/> eduroam	4C:23:1A:39:EF:A0	5540	-86	
<input checked="" type="checkbox"/> eduroam	4C:23:1A:39:FB:10	2412	-61	
<input checked="" type="checkbox"/> eduroam	4C:23:1A:39:FB:20	5180	-65	
<input checked="" type="checkbox"/> eduroam	4C:23:1A:3A:0C:D0	2412	-70	
<input checked="" type="checkbox"/> eduroam	4C:23:1A:3A:0C:E0	5500	-70	
<input checked="" type="checkbox"/> eduroam	4C:23:1A:D5:C6:D0	2412	-59	
<input checked="" type="checkbox"/> eduroam	4C:23:1A:D5:C6:E0	5540	-63	
<input type="checkbox"/> Galaxy M23 5G FD93	4E:4A:4D:C1:10:EE	2462	-68	
<input type="checkbox"/> Adriforpresident	66:A1:A6:06:D6:03	5745	-74	
<input checked="" type="checkbox"/> eduroam	80:95:62:2F:90:20	5660	-90	

Ilustración 5: Interfaz de herramienta NetSpot

Otro factor decisivo en la elección de NetSpot es la posibilidad de exportar los datos en formato CSV, lo cual permite su integración en Excel, el software elegido para almacenar los datos de este proyecto. Esta capacidad de exportación simplifica el manejo y la organización de la información recopilada, preparándola para su análisis y visualización posterior.

A modo de comparación, se consideraron otras herramientas como [Ekahau HeatMapper](#) y [Wi-Fi Analyzer](#), que también ofrecen funcionalidades útiles. Sin embargo, presentan restricciones significativas en sus versiones gratuitas. Ekahau HeatMapper, por ejemplo, limita la cantidad de escaneos y la exportación de datos, mientras que Wi-Fi Analyzer no permite realizar un mapeo de cobertura tan detallado, lo cual reduce su aplicabilidad en proyectos de este tipo. Aunque estas herramientas pueden ser útiles en otros contextos, para los objetivos de este proyecto, NetSpot fue la mejor elección.

3.2.2 Planificación del escaneo

La recopilación de datos es una fase crucial para la creación de los mapas de cobertura Wi-Fi de la universidad. Es por ello por lo que se diseñó una metodología detallada para garantizar que los datos obtenidos sean fiables y representativos de la cobertura en las áreas de interés.

Las zonas de interés a escanear fueron definidas previamente, las aulas que se ha considerado son las plantas 0 y -1, además de la biblioteca de la planta 1, ya que estas zonas son las más frecuentadas, con alta densidad de usuarios y tráfico en la red.

Para cada aula, se eligió el punto central como lugar de escaneo, ya que desde esa ubicación es más probable captar el AP o uno de los APs principales de cada sala, maximizando la intensidad de la señal recibida (RSSI). En la biblioteca, debido a su amplitud y el número indeterminado de APs, se designaron varios puntos de medición, situados estratégicamente en la entrada, el centro y el fondo, para captar una cobertura completa de la zona.

Sabiendo que en cada sala hay uno o dos APs, dependiendo de si las salas son pequeñas o grandes respectivamente, al realizar las medidas en el centro del área, se asegura que el dispositivo capte con mayor RSSI el AP o uno de los APs correspondientes a esa sala.

El proceso de escaneo de datos es un paso técnico dentro de la metodología que consiste en recorrer físicamente cada una de las áreas seleccionadas y capturar información de la red Wi-Fi utilizando NetSpot.

Para el proceso de escaneo, se utilizó un portátil con el software NetSpot, configurado para detectar todas las redes Wi-Fi en su alcance. En cada punto de referencia establecido, NetSpot se iniciaba y automáticamente capturaba el BSSID, SSID, RSSI y frecuencia de cada red cercana. Se seleccionaron específicamente las redes de la universidad, es decir, con SSID "eduroam", para asegurar que los datos correspondieran a la infraestructura de interés.

Los datos recolectados se almacenaron en un archivo Excel estructurado en filas, como se puede observar en la ilustración 6, donde cada fila representa un BSSID detectado en un punto de escaneo específico. La estructura del archivo es la siguiente:

- **Punto de referencia:** Identificador del lugar en el que se realizó el escaneo (cada aula tiene un punto de referencia, y la biblioteca tiene tres).
- **BSSID:** Identificador único del AP, que permite analizar individualmente la cobertura y potencia de cada dispositivo.
- **RSSI:** Valor de potencia de señal captado en cada punto de referencia, útil para evaluar la intensidad de señal en diferentes puntos de la universidad.
- **Coordenadas:** Ubicación geográfica exacta de cada punto de referencia para su representación en los mapas de cobertura.
- **Sala y Planta:** Información adicional para identificar con precisión el lugar del escaneo y facilitar la interpretación de los datos en distintos mapas de planta.
- **Frecuencia:** Bandas de frecuencia (2,4 GHz o 5 GHz) para distinguir entre diferentes tipos de APs y analizar la cobertura según la frecuencia operativa.

Punto de refe	Easting	Northing	Planta	Sala	SSID	BSSID	RSSI	Frecuencia
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-65	2,4
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:07:	-89	2,4
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:CB	-88	5
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-85	2,4
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-75	2,4
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:3A:	-60	2,4
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:DE:	-89	2,4
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-66	5
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:D5:	-77	5
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-83,9	5
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:3A:	-55	5
1	580,29	-897,29	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:D5:	-69,3	2,4
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:07:	-84,9	2,4
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:07:	-91,1	5
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-83,3	2,4
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-92,9	5
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-83,5	5
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-53,1	2,4
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:39:	-53	5
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:3A:	-75,1	2,4
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:3A:	-80,2	5
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:C3:	-89,3	5
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:D5:	-85	5
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:D5:	-59,9	2,4
2	645,8	-824,82	P1	Biblioteca	eduroam	4C:23:1A:D5:	-55,7	5

Ilustración 6: Datos almacenados en Excel

NetSpot generó archivos de escaneo que fueron exportados y organizados manualmente en el archivo Excel, revisando que cada BSSID detectado fuera registrado con precisión junto a sus valores de señal y ubicación. Esta organización cuidadosa permite asegurar una base de datos completa y consistente para el análisis posterior y la generación de los mapas de cobertura.

3.3 APLICACIÓN MÓVIL

El desarrollo de la aplicación móvil se centró en crear una herramienta sencilla y efectiva para realizar un escaneo de los puntos de acceso cercanos y mostrar los resultados en una lista. Esta funcionalidad permite detectar los BSSIDs y SSIDs de cada AP en el área

circundante, lo cual constituye la base para aplicaciones más avanzadas en el contexto universitario, como la localización de salas mediante el análisis de los datos obtenidos.

3.3.1 Proceso de desarrollo

El proceso de desarrollo se llevó a cabo en varias etapas, desde la planificación inicial hasta la implementación y prueba de la aplicación. A continuación, se describen las fases clave:

La funcionalidad central de la aplicación es un botón que inicia el escaneo de las redes. En tiempo real, se genera una lista con los BSSIDs y los SSIDs de los puntos de acceso detectados.

La interfaz de usuario se diseñó en XML a través de Android Studio. Incluye un botón que activa el escaneo, como se puede ver en la siguiente imagen, y un ListView para mostrar los datos de las redes detectadas, junto con detalles como el RSSI, relevante para el análisis de intensidad de la señal.

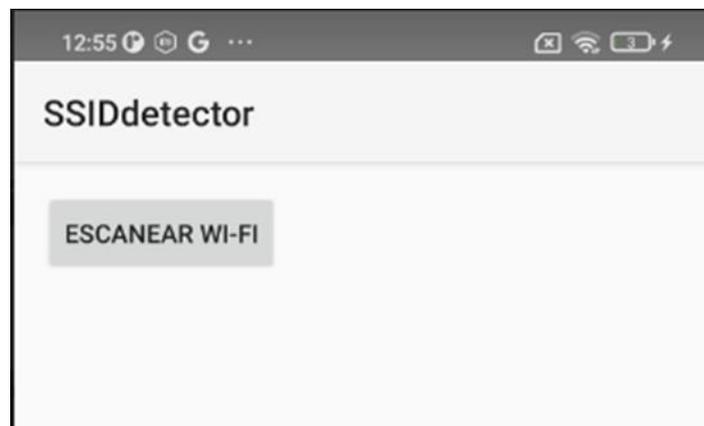


Ilustración 7: Interfaz de usuario de la aplicación

La aplicación se desarrolló en Android Studio utilizando principalmente la API de Android Wi-Fi y LocationManager. Se configuró un botón que ejecuta la función `startScan()`, obteniendo una lista de redes Wi-Fi cercanas y sus atributos esenciales (SSID, BSSID y RSSI) para visualizarlos en la lista. En la Ilustración 8 se muestra un ejemplo de los resultados que se generan tras el escaneo.



Ilustración 8: Listado proporcionado por escaneo de la aplicación

3.3.2 APIs y permisos utilizados

Para implementar las funcionalidades, fue necesario utilizar las siguientes APIs de Android:

- **WifiManager:** Permite iniciar el escaneo de redes Wi-Fi y obtener la lista de redes disponibles, accediendo a atributos como SSID, BSSID y RSSI.
- **LocationManager:** Desde Android 10, se requiere el permiso de ubicación para realizar escaneos de Wi-Fi. Esta API ayuda a verificar y solicitar permisos de ubicación al usuario, cumpliendo con los requisitos de privacidad y seguridad de Android.
- También fue necesario añadir los permisos `ACCESS_FINE_LOCATION` y `ACCESS_WIFI_STATE` en el archivo `AndroidManifest.xml` para garantizar el acceso a los datos de Wi-Fi.

3.4 GENERACIÓN DE MAPAS DE COBERTURA

El mapeo de cobertura Wi-Fi tiene como principal propósito proporcionar un recurso para la planificación y monitorización de la red. Además, este mapeo proporciona una representación visual y detallada de cómo se distribuye la conectividad Wi-Fi a lo largo de diversas ubicaciones, permitiendo identificar tanto áreas con buena señal como zonas de baja cobertura, lo que puede facilitar el análisis de la infraestructura de red en la universidad y el impacto en la conectividad en diferentes áreas.

Para la generación de los mapas de cobertura se plantearon tres objetivos principales: identificar áreas con una señal óptima que aseguren una conexión estable, como aulas, y zonas de estudio; localizar áreas con baja cobertura donde la señal es débil, para evaluar posibles ajustes en la infraestructura; y optimizar la red, ajustando la configuración o la ubicación de los APs con el fin de lograr una cobertura uniforme en la Escuela.

3.4.1 Metodología para la generación de mapas

Para la generación de estos mapas se utilizó la herramienta QGIS, un software libre especializado en sistemas de información geográfica. QGIS permite la importación, visualización y análisis de datos geoespaciales, ofreciendo la posibilidad de representar datos de intensidad de señal Wi-Fi en mapas detallados de la universidad.

El proceso comienza con la importación de los datos recopilados, organizados en un archivo de Excel que contiene las columnas de SSID, latitud, longitud, planta e intensidad de la señal. En QGIS, se carga el archivo Excel como una capa de texto delimitado, asignando las coordenadas a los campos correspondientes (en este caso, "Easting" para X y "Northing" para Y), como se puede ver en la siguiente imagen.

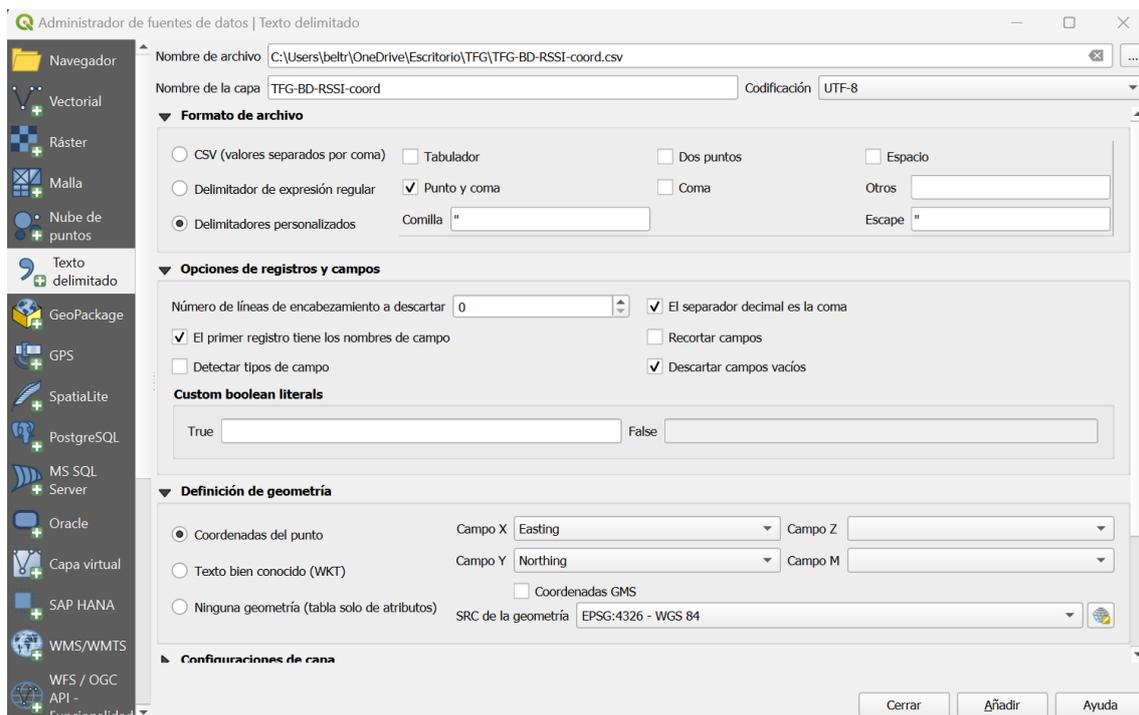


Ilustración 9: Creación de capa de texto delimitado

Una vez importados los datos, para diferenciar entre plantas, se duplican las capas y se aplica un filtro según la planta correspondiente, permitiendo visualizar solo los puntos de una planta a la vez. En el caso de la siguiente imagen se ha aplicado un filtro para visualizar los puntos de la planta 0.

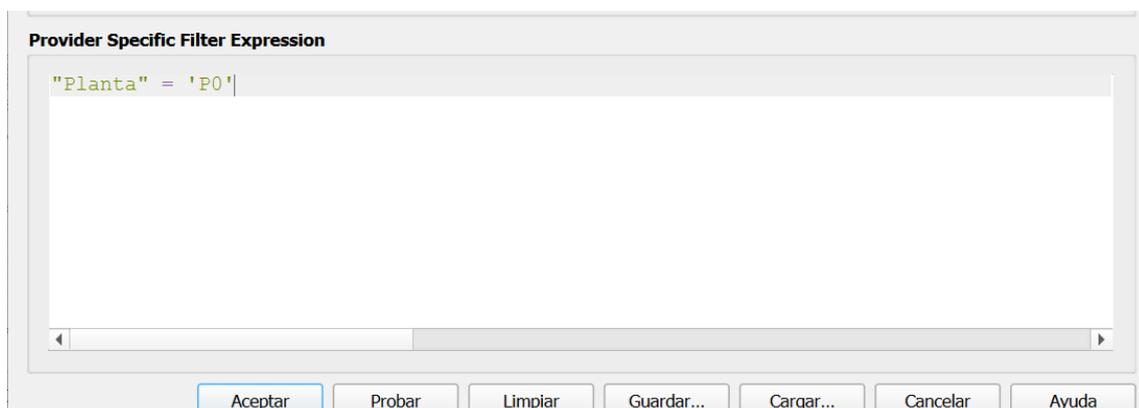


Ilustración 10: Creación de filtro para diferenciación por plantas

A continuación, se importan los planos de cada planta en formato PDF como capas ráster en QGIS, lo cual sirve como fondo de referencia. Con estos planos en el fondo, los puntos de referencia de los APs se superponen, creando una base visual sobre la cual se construyen los mapas de cobertura. A continuación, se muestra uno de los planos que se utilizó como fondo de referencia para la planta 0 y su resultado una vez se superponen los puntos de referencia.

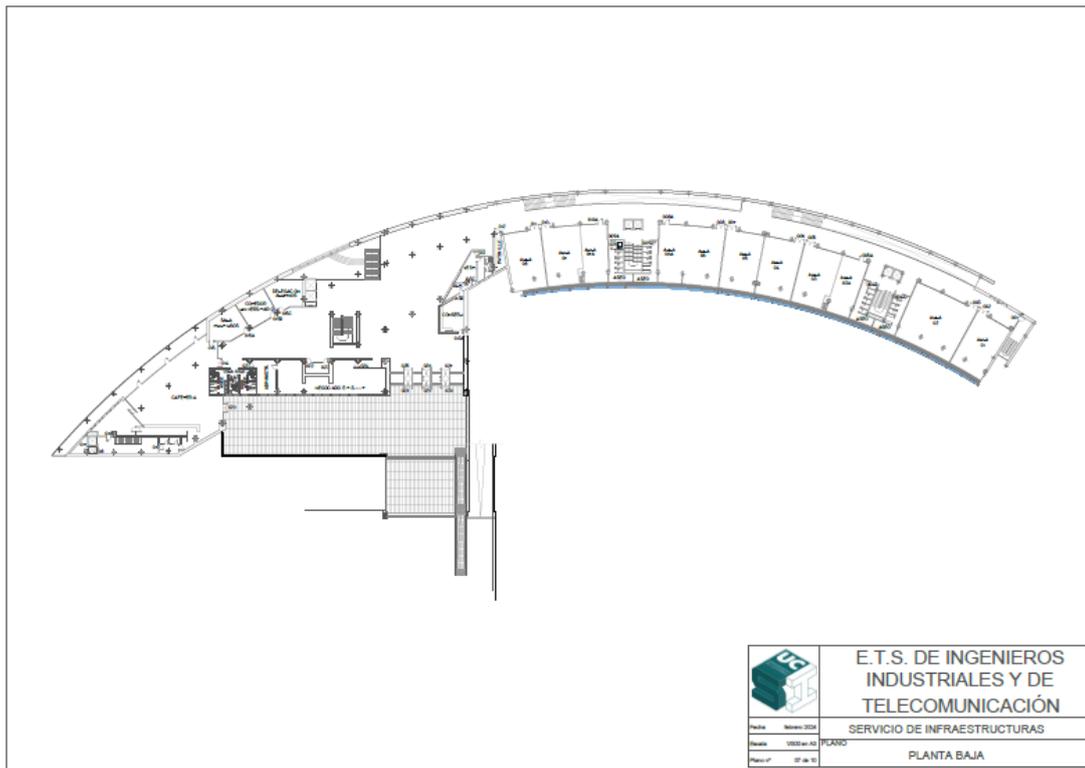


Ilustración 11: Plano de la planta 0

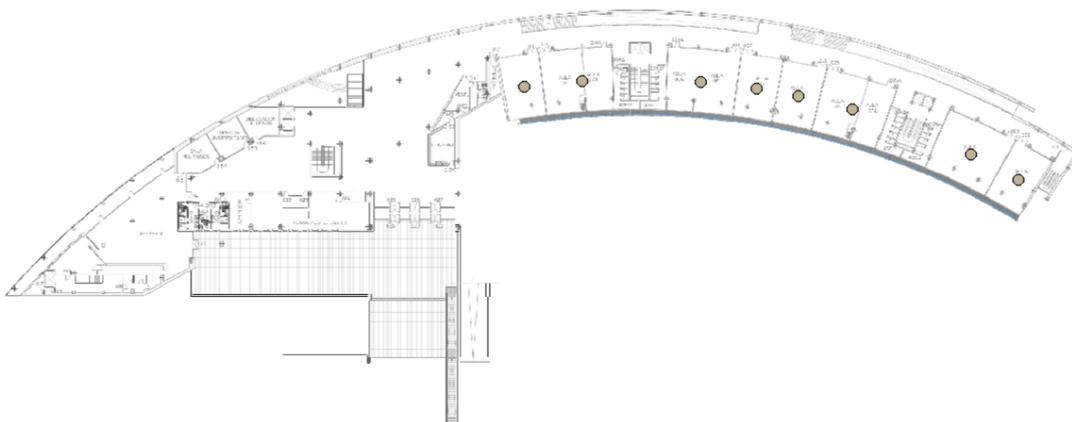


Ilustración 12: Plano con puntos de referencia añadidos

La generación del mapa de cobertura se realiza mediante la herramienta de Mapa de calor en QGIS, seleccionando la capa de puntos y ajustando los parámetros de visualización para representar adecuadamente la intensidad de la señal. Ahora, se mostrará un ejemplo de cómo quedará en la planta 0.

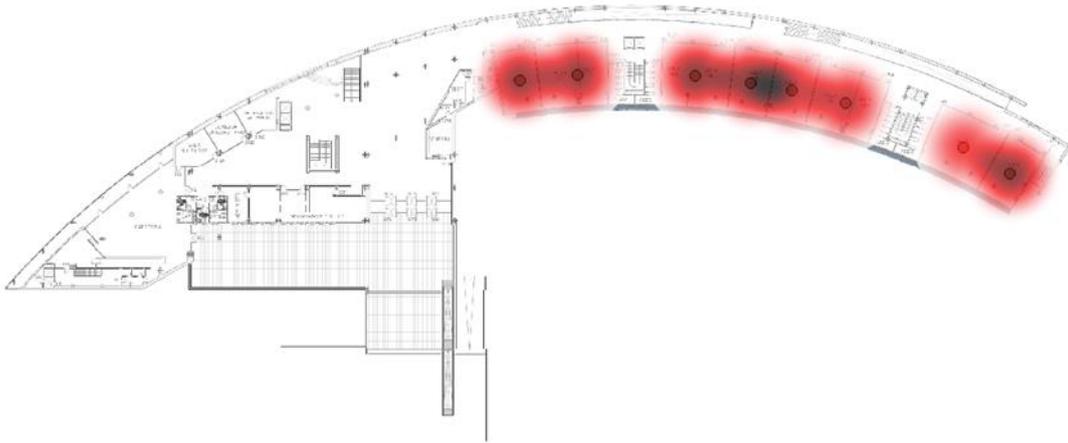


Ilustración 13: Mapa de calor de la planta 0

Además del mapa de calor, se utiliza la herramienta de Contorno para crear líneas de nivel que ayuden a interpretar la variación de señal en el espacio. Se puede aplicar un intervalo adecuado (por ejemplo, 100) para definir las líneas de nivel en función de la intensidad de señal. En la siguiente imagen se puede ver el resultado de aplicar la herramienta en la ilustración anterior.

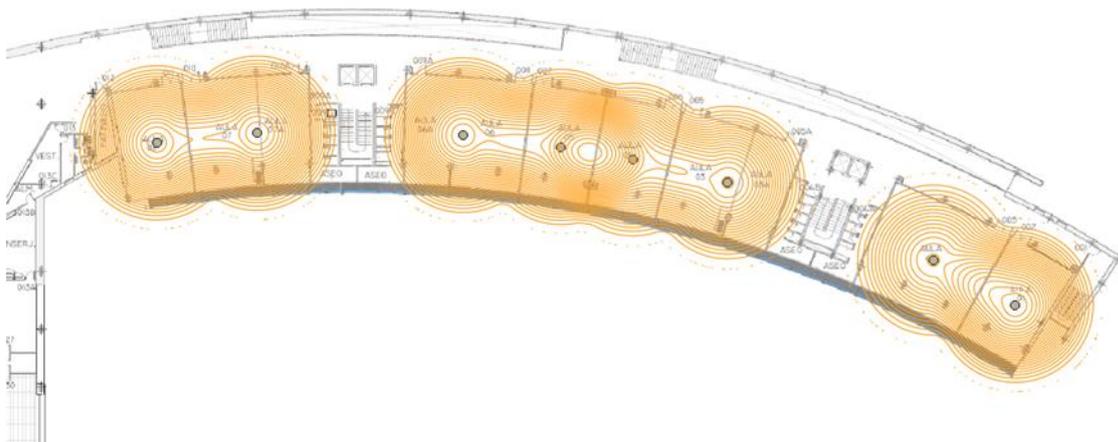


Ilustración 14: Plano con curvas de nivel en planta 0

También se generan mapas específicos de un único AP en una sala particular, utilizando un filtro que selecciona el BSSID de interés, lo que permite analizar de forma aislada la

3.5 ANÁLISIS DE LOS MAPAS

El análisis de los mapas de cobertura Wi-Fi permite evaluar cómo se distribuye la señal en las distintas áreas del campus universitario y proporciona una base para optimizar la red. A continuación, se presentan los principales hallazgos de este análisis y se identifican áreas clave para mejorar la infraestructura en función de las necesidades de los usuarios.

3.5.1 Evaluación general de la cobertura

Uno de los objetivos primordiales es identificar las áreas con una intensidad de señal óptima que asegure una experiencia de conexión adecuada para estudiantes y el personal universitario. Para verificar esto, se presentan los mapas de cobertura realizados, que muestran la potencia captada en las aulas de los pisos 1, 0 y -1.

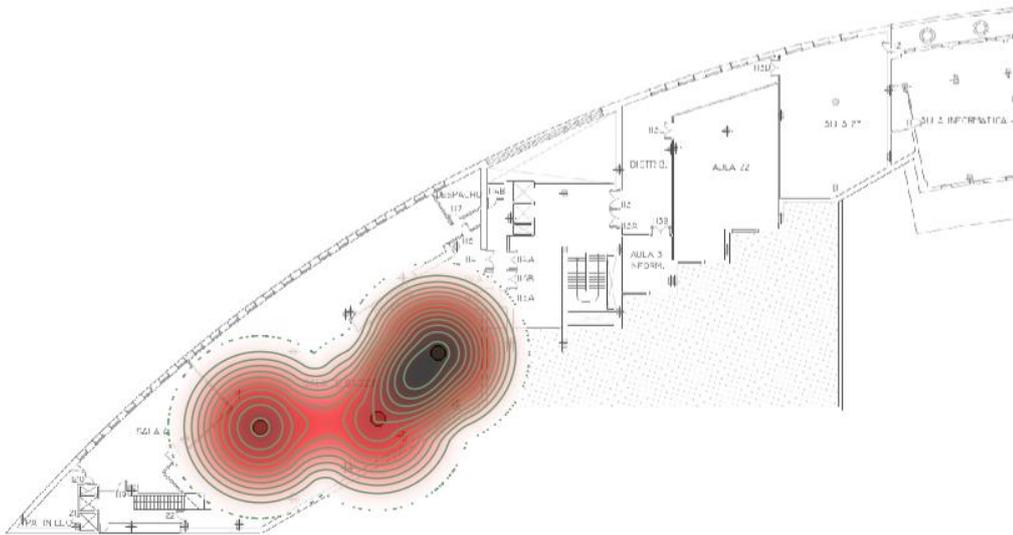


Ilustración 17: mapa de cobertura piso 1

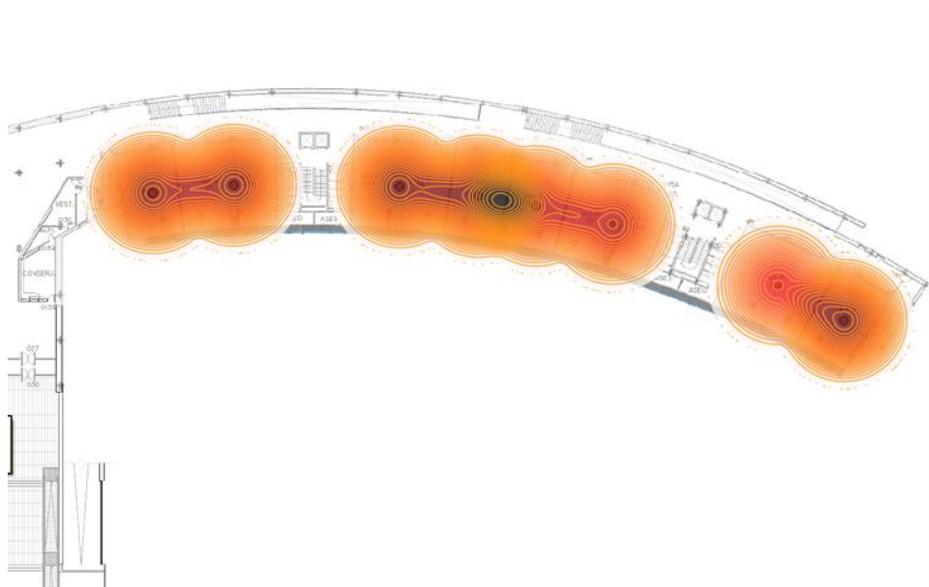


Ilustración 18: mapa de cobertura piso 0

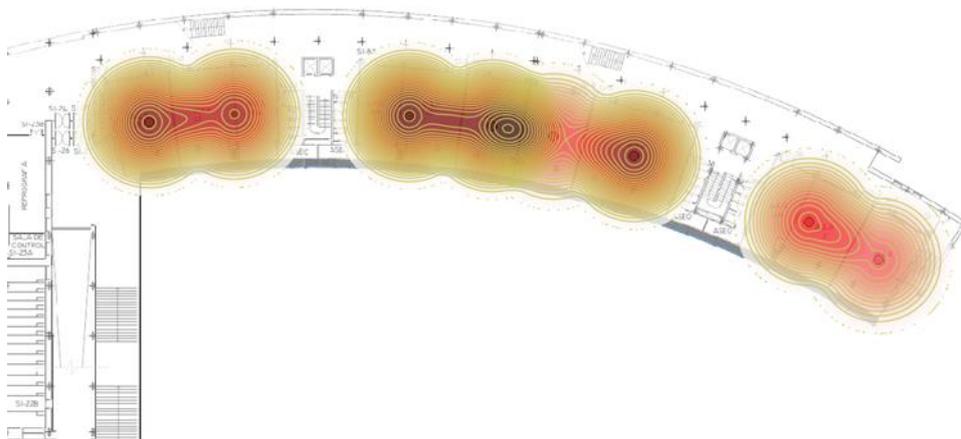


Ilustración 19: mapa de cobertura piso -1

En estos mapas se puede observar que la potencia de la señal en cada punto de las aulas es suficiente para proporcionar una buena conexión en todo el entorno medido, permitiendo una conexión rápida y fiable.

Sin embargo, se observan algunas diferencias en la potencia captada en las aulas centrales, que presentan una mayor suma de RSSI debido a la superposición de las señales de varios APs cercanos.

3.5.2 Diferencias de cobertura entre aulas centrales y extremas

En las aulas centrales, las zonas de mayor intensidad de señal se deben a la proximidad de varios APs, lo que resulta en una superposición de sus áreas de cobertura. Esto es evidente en los mapas de calor, donde las zonas de color más intenso indican una mayor cantidad de potencia en las áreas centrales, y también en las líneas de nivel, que son más numerosas en esas zonas debido a la concentración de señal. A continuación, se muestra un ejemplo de cómo se visualizan estas diferencias en la planta -1.

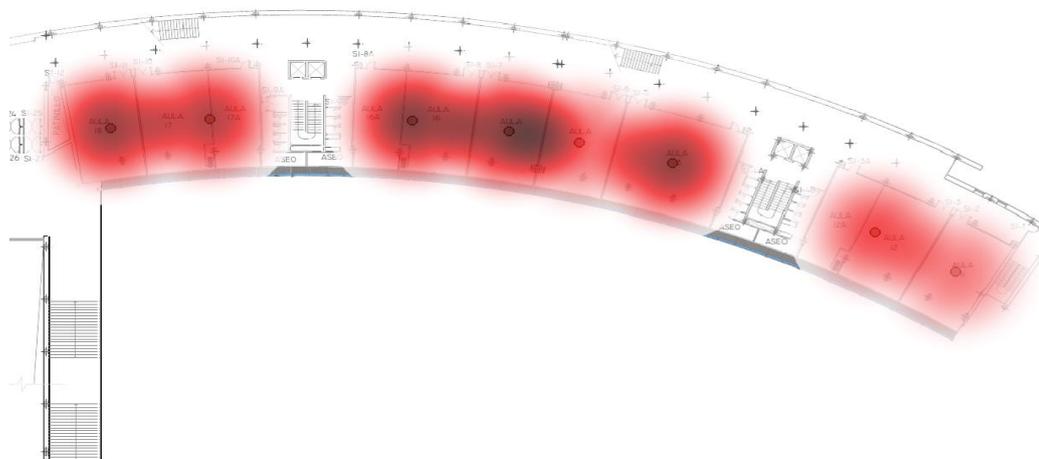


Ilustración 20: Mapa de calor de la planta -1

En contraste, áreas más alejadas como las aulas 12 y 11 presentan menor intensidad de señal, ya que en estas zonas solo están presentes los APs de las aulas cercanas, y la señal de otros APs es más débil. A pesar de la menor potencia, estas zonas cuentan con una densidad de usuarios relativamente baja, lo que reduce la necesidad de realizar cambios en la infraestructura actual.

3.5.3 Interferencia entre APs

En zonas donde los APs están más próximos, se observa un efecto de interferencia debido a la superposición de sus áreas de cobertura. Este fenómeno, conocido como interferencia de co-canal, afecta la calidad de la conexión y se visualiza en el siguiente mapa de líneas de nivel, donde las curvas presentan una forma alargada u "ovalada" entre dos puntos de acceso.

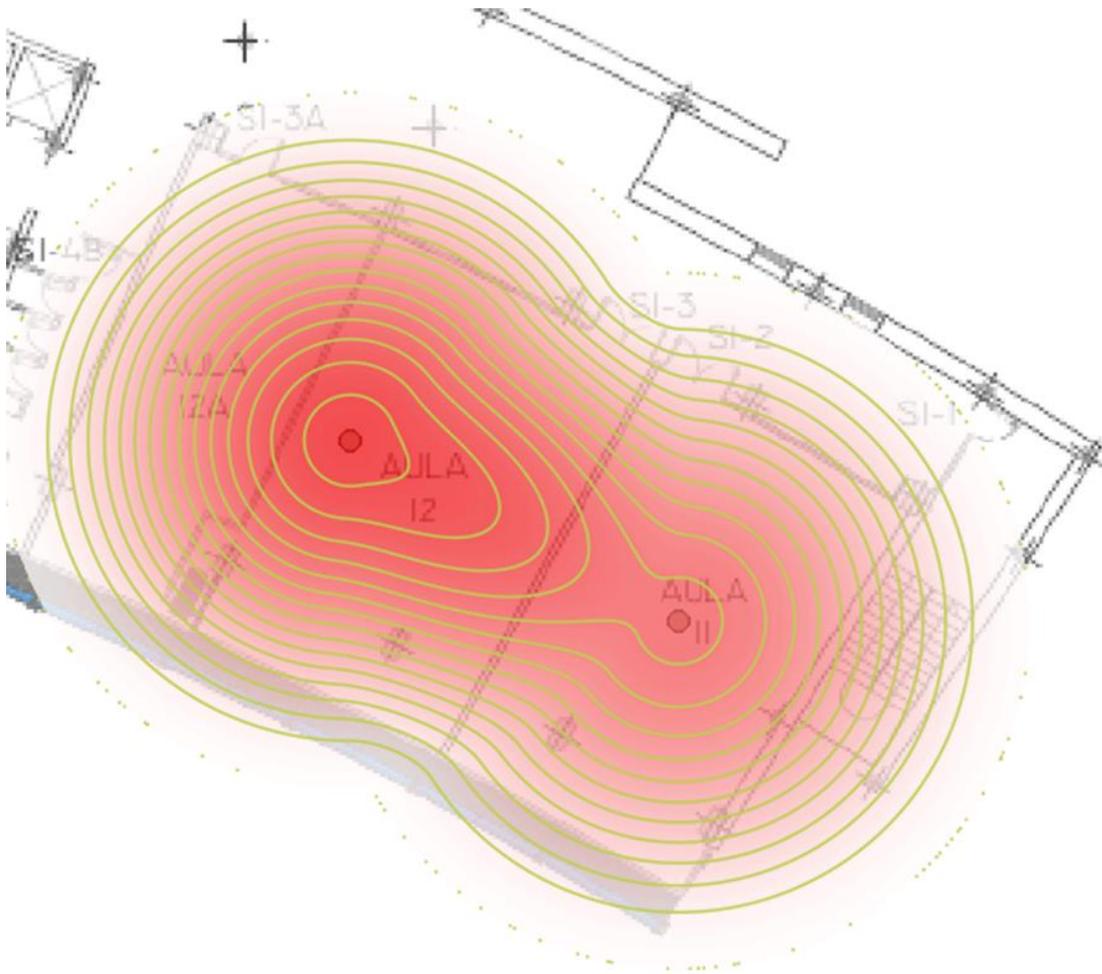


Ilustración 21: Ejemplo de interferencias en el comportamiento de la red

Para reducir la interferencia en estas áreas, podría considerarse la implementación de ajustes en los canales de transmisión de cada AP o en la potencia de estos. Una optimización de la configuración actual ayudaría a reducir el solapamiento y mejorar la estabilidad de la red.

3.5.4 Análisis de la cobertura por frecuencia

Si bien los datos actuales no diferencian entre las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz, es importante señalar que estas bandas presentan características distintas en cuanto a

alcance y velocidad. La banda de 2.4 GHz suele ofrecer un mayor alcance, siendo más susceptible a interferencias, mientras que la banda de 5 GHz ofrece mejor velocidad, pero menor alcance. De contar con datos específicos, una comparación entre ambas frecuencias podría ayudar a ajustar la red para maximizar tanto la cobertura como el rendimiento en cada área.

3.5.5 Impacto de las barreras físicas en la señal

El comportamiento de la señal de red está fuertemente influenciado por la estructura arquitectónica y los materiales de construcción. Como se observa en los siguientes mapas de cobertura, la señal de Wi-Fi se atenúa a medida que atraviesa paredes y otros obstáculos, lo que se traduce en una disminución de la potencia captada en las áreas periféricas del plano, especialmente en aulas alejadas o separadas por paredes gruesas.

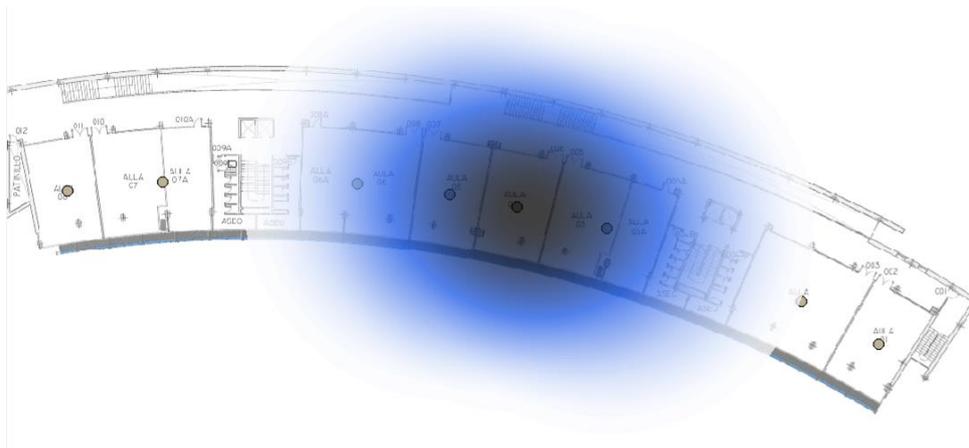


Ilustración 22: Mapa de calor de la sala 04

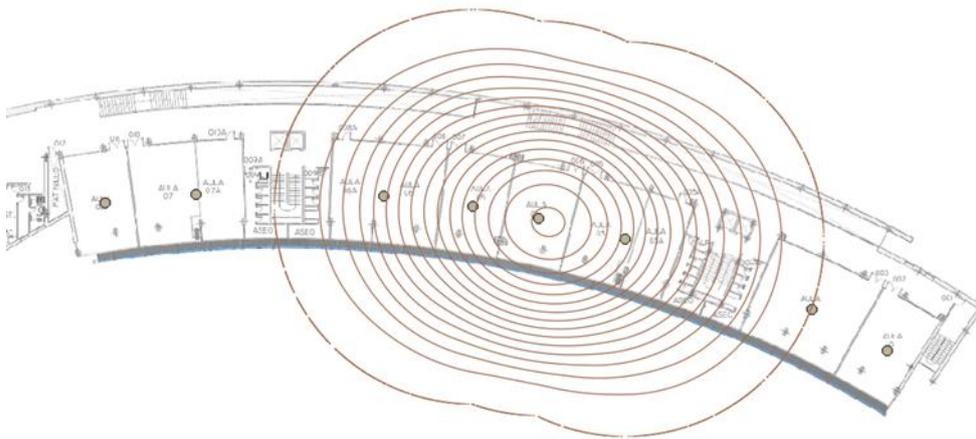


Ilustración 23: Curvas de nivel sala 04

En los mapas de la sala 04, se observa cómo la señal pierde intensidad conforme aumenta la distancia desde el AP, y cómo factores como el pasillo o paredes de mayor grosor bloquean parcialmente la señal, creando una forma irregular en las curvas de nivel. La forma ovalada de estas curvas se debe a la interacción de la señal con estos obstáculos, causando reflejos y difracciones que alteran el patrón de cobertura.

3.5.6 Recomendaciones para la optimización de la red

A partir del análisis realizado, se sugieren las siguientes recomendaciones para optimizar la infraestructura de Wi-Fi en el campus universitario:

- **Reubicación o adición de APs en áreas de baja cobertura:** Para mejorar la cobertura en zonas como las aulas 12 y 11, donde se detecta menor intensidad de señal, podría considerarse la instalación de APs adicionales o el ajuste de la potencia en los APs cercanos.
- **Configuración de canales y reducción de interferencias:** En las áreas donde los APs presentan solapamientos de señal, ajustar los canales de transmisión de cada AP ayudaría a reducir la interferencia de co-canal, especialmente en zonas de alta densidad de usuarios.
- **Evaluación de la cobertura en distintas bandas de frecuencia:** De ser posible, realizar un análisis en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz permitiría obtener una visión más completa de la cobertura actual, permitiendo implementar estrategias específicas para cada tipo de espacio.
- **Consideración de barreras arquitectónicas en la planificación de APs:** Al diseñar la red, tener en cuenta la disposición de paredes y otros obstáculos arquitectónicos podría ayudar a reducir áreas de baja cobertura en el futuro, mejorando la experiencia de usuario en zonas alejadas.

Este análisis proporciona una base sólida para optimizar la cobertura de la red Wi-Fi y mejorar la conectividad en la Escuela, ajustando la infraestructura de acuerdo con las necesidades actuales de los usuarios y las características del entorno arquitectónico.

4 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Este trabajo se propuso como objetivo principal desarrollar una aplicación que permita detectar y mapear los puntos de acceso Wi-Fi en un entorno universitario, para así proporcionar una herramienta de localización en interiores y mejorar la gestión de la red de la facultad. A lo largo del proyecto, se realizaron diversas tareas enfocadas en la recopilación de datos de los APs, el análisis de la señal y la generación de mapas de cobertura.

En primer lugar, se comenzó con una fase de recopilación de datos, en la que se utilizó NetSpot para escanear y registrar información clave de los APs, como el BSSID, SSID y RSSI, en distintas áreas del campus. Estos datos se organizaron en una base de datos detallada, junto con las coordenadas y localización de cada punto de escaneo, lo que permitió establecer un panorama detallado de la infraestructura de red existente.

Después, se llevó a cabo la generación de mapas de cobertura, los cuales reflejan la intensidad de señal de los APs en distintas áreas de la Escuela, ayudando a identificar zonas con buena y mala cobertura de red. Este mapeo visual de la señal resultó fundamental para comprender el alcance de cada AP y para prever posibles mejoras en la distribución de los puntos de acceso.

Finalmente, en la fase de desarrollo de la aplicación móvil, se logró implementar una funcionalidad básica de detección y visualización de APs cercanos, que muestra los BSSIDs, SSIDs y RSSIs en una lista al usuario. Aunque la aplicación es una versión inicial, su potencial es significativo, ya que en un futuro podría compararse con la base de datos creada para indicar la ubicación precisa del usuario y detectar APs no autorizados en tiempo real, mejorando así tanto la experiencia de conectividad como la seguridad de la red.

Para aprovechar completamente el potencial de la aplicación, se recomienda implementar funciones adicionales, como la posibilidad de realizar mapeo en tiempo real y monitoreo continuo de la red para alertar sobre cambios en la configuración de los APs. Asimismo, una actualización periódica de la base de datos de APs y mejoras en la precisión de los mapas de cobertura optimizarán el control sobre la infraestructura de red y permitirán prevenir posibles fallos de seguridad.

4.1 FUTURAS EXTENSIONES E INTEGRACIÓN CON LA BASE DE DATOS

La aplicación desarrollada está diseñada para escanear y mostrar datos de APs cercanos, pero constituye solo el primer paso hacia un sistema de localización basado en Wi-Fi en la universidad. La integración de los datos del escaneo con una base de datos de APs previamente registrados permitiría identificar la ubicación del usuario dentro de la Escuela, abriendo posibilidades adicionales como las siguientes:

4.1.1 Identificación de salas

Una de las principales aplicaciones que podría desarrollarse a partir de la base de datos de APs y la funcionalidad de escaneo de la aplicación es la identificación de la sala en la que se encuentra el usuario. Esta funcionalidad se basa en el principio de fingerprinting,

donde cada sala o área del campus tiene una "huella digital" de señales Wi-Fi única, compuesta por los APs detectados en esa ubicación específica y sus respectivas intensidades de señal.

Al realizar un escaneo, la aplicación compara los BSSIDs y niveles de RSSI de los APs detectados con los datos de la base de datos central, que contiene registros de las intensidades de señal características de cada sala. Al reconocer un patrón específico de APs con RSSIs que coinciden con una ubicación particular, la aplicación identifica en qué sala se encuentra el usuario.

La precisión de esta funcionalidad depende de la cantidad y calidad de los datos de APs recopilados. A mayor cantidad de puntos de referencia o APs conocidos en cada área, mejor será la capacidad de la aplicación para distinguir entre salas cercanas o áreas de similar cobertura. El usuario podría saber su ubicación precisa dentro del campus, lo que facilita la orientación en edificios grandes, y permite al personal universitario monitorizar la densidad de personas en cada sala o área.

4.1.2 Mapeo en tiempo real

Otra extensión de la aplicación sería un sistema de localización en tiempo real en un mapa digital del campus. Esto permitiría al usuario ver su posición en el mapa mientras se desplaza por las instalaciones, similar a un sistema de navegación GPS, pero adaptado a entornos cerrados y a la estructura específica del campus.

Utilizando los datos de los APs escaneados y sus RSSIs, la aplicación puede estimar la posición relativa del usuario en el campus. El mapa del campus incluiría la ubicación de los APs y se iría actualizando a medida que el usuario se desplaza y la aplicación capta nuevos datos de señal. En la pantalla de la aplicación, el usuario podría ver su posición aproximada sobre un mapa, que se actualiza conforme la aplicación recibe nuevas señales. Podrían incluirse marcadores y rutas para ayudar a navegar hacia un destino dentro del campus, como aulas, bibliotecas, o salas de estudio. Esto, permitiría a los estudiantes y visitantes que no están familiarizados con el campus universitario ubicarse de forma adecuada o encontrar ubicaciones específicas.

El desarrollo de esta aplicación proporciona una base para futuras investigaciones y desarrollos en seguridad y administración de redes en espacios cerrados. Las aplicaciones de la herramienta abarcan desde el monitoreo de tráfico de red y estudios de conectividad en edificios hasta la implementación de sistemas de localización en interiores en otros entornos donde la infraestructura de red y la seguridad son esenciales.

En conclusión, este proyecto no solo ha alcanzado los objetivos propuestos, sino que ha abierto la puerta a nuevas aplicaciones y desarrollos que pueden contribuir al ámbito universitario, mejorando tanto la conectividad como la experiencia de usuario y la seguridad en red.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «IET,» [En línea]. Available: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/cmu2.12386>.
- [2] «Progress,» [En línea]. Available: <https://www.whatsupgold.com/es/blog/what-network-mapping-what-good-for>.
- [3] «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_inalámbrica.
- [4] «redeszone,» [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-wifi/que-es-punto-acceso-wifi/>.
- [5] «cooplalonja,» [En línea]. Available: https://cooplalonja.com.ar/bss-wifi/#bssid_la_huella_digital_de_tu_punto_de_acceso_wifi.
- [6] «huawei,» [En línea]. Available: <https://forum.huawei.com/enterprise/es/diferencia-entre-bssid-y-ssid/thread/667234571604869120-667212883622244352>.
- [7] «netspot,» [En línea]. Available: https://www.netspotapp.com/es/wifi-signal-strength/what-is-rssi-level.html#RSSI_y_una_intensidad_de_senal.
- [8] «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Relación_senal/ruido.
- [9] «situm,» [En línea]. Available: <https://situm.com/es/blog/posicionamiento-en-interiores/sistemas-de-localizacion-en-interiores/>.
- [10] «atria,» [En línea]. Available: <https://atriainnovation.com/blog/sistemas-localizacion-interiores/>.
- [11] «udlap,» [En línea]. Available: https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/florian_m_a/capitulo3.pdf.
- [12] «Cisco Community,» [En línea]. Available: <https://community.cisco.com/t5/blogs-wireless-mobility/fundamentos-y-fenómenos-del-espectro-de-radio-frecuencia/ba-p/3176073>.
- [13] «abcxperts,» [En línea]. Available: <https://abcxperts.com/importancia-de-la-perdida-de-trayectoria-en-espacio-libre-en-el-diseno-y-planificacion-de-radioenlaces/>.
- [14] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Fading>.

[15 «epn,» [En línea]. Available:
] <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/24067/1/2019AJIEE-22.pdf>.

[16 «mineryreport,» [En línea]. Available: [https://mineryreport.com/blog/rogue-
\] access-points-riesgo-oculto-red/](https://mineryreport.com/blog/rogue-access-points-riesgo-oculto-red/).