



**Universidad  
de Valparaíso**  
CHILE

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL BIOMÉDICA

# LocDEM: DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE LOCALIZACIÓN ACTIVA DE UN EQUIPO MÉDICO BASADO EN TECNOLOGÍA 'TAG WIFI'

**JAVIERA VALENTINA COLLANTES ROZAS**

Trabajo para optar al Título de  
**Ingeniera Civil Biomédica**

Profesor Guía:  
**PABLO RONCAGLIOLO BENITEZ**

Diciembre - 2023

**VALPARAÍSO ::: CHILE**




Universidad de Valparaíso  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil Biomédica

Información para registro oficial en Biblioteca:

- Proyecto de Ingeniería Biomédica: Área Ingeniería Clínica
- Prof. Coordinador del Área: Scarlett Lever T.
- Prof. Guía: Pablo Roncagliolo B.
- Prof. Corrector: Alejandro Weinstein.
- Prof. Presidente Comisión: Débora Buendía.
- Palabras clave: Localización, WiFi, RSSI, trilateración.

Autorización del prof. Guía:

- Fecha versión final para depósito en Biblioteca UV: 15/ene/2024
- Nombre Prof. Guía: **Pablo Roncagliolo B.**
- V°B° Prof. Guía: 



## *Dedicatoria*

Quiero expresar mi profunda gratitud a mis padres por su apoyo inquebrantable y confianza desde que tomé la decisión de irme de la región y a mi hermano por darme los ánimos y acompañarme el primer año de universidad. Agradezco a mi tía Daniela por su acompañamiento constante, recordándome que no debo darme por vencida. También, agradezco a las amistades que conocí en esta etapa, especialmente a mi amiga Sofía González Guajardo, quien se convirtió en familia y fue un apoyo fundamental en mi formación académica, creciendo juntas y acompañándonos desde el primer año. Finalmente, dedico este logro a mi querida abuela Nena, cuyo amor me inspiró a seguir y concluir esta carrera, con la esperanza de contribuir a una mejor atención de salud.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN.....	9
2.1.	ESTUDIO PRELIMINAR.....	11
2.2.	RASPBERRY PI 3 B+.....	12
2.3.	SERVIDOR.....	14
2.3.1.	CONFIGURACIÓN APs/ROUTERS.....	17
2.3.2.	CONFIGURACIÓN TAGs.....	18
2.3.3.	DEMO TAG WIFI.....	18
2.4.	CONSUMO DE BATERÍA.....	19
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
	ESTUDIO PRELIMINAR: DISTANCIA.....	20
	ESTUDIO PRELIMINAR: VIDRIO.....	21
	RASPBERRY Pi 3 B+.....	22
	SERVIDOR.....	23
	CONSUMO DE BATERÍA.....	25
4.	CONCLUSIÓN.....	26
5.	REFERENCIAS.....	28
6.	ANEXOS.....	29
6.1.	ANEXO 1: PLANIFICACIÓN INICIAL.....	29
6.2.	ANEXO 2: PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES ACTUALIZADAS.....	29
6.3.	ANEXO 3: CÓDIGO DE ESCANEADO DE REDES EN COMPUTADOR.....	29
6.4.	ANEXO 4: CÓDIGO PYTHON DE ESTUDIO PRELIMINAR DE DISTANCIA.....	30
6.5.	ANEXO 5: CÓDIGO PYTHON DE ESTUDIO DE VIDRIO.....	32
6.6.	ANEXO 6: CÓDIGO PYTHON DE ESCANEADO EN RASPBERRY.....	32
6.7.	ANEXO 7: TABLAS UTILIZADAS DE LA BASE DE DATOS.....	34
6.8.	ANEXO 8: CÓDIGO PHP PARA INGRESO DE DATOS A LOC_HISTORIAL_TAG.....	34
6.9.	ANEXO 9: TABLA LOC_HISTORIAL_TAG.....	38
6.10.	ANEXO 10: TABLA LOC_AP.....	38
6.11.	ANEXO 11: CÓDIGO PHP CONFIGURACIÓN DE APs.....	38
6.12.	ANEXO 12: CÓDIGO PHP CONFIGURACIÓN DE TAGs.....	42
6.13.	ANEXO 13: CÓDIGO PHP DE PÁGINA PRINCIPAL EN DEMO.....	45
6.14.	ANEXO 14: CÓDIGO PHP DEMO TAG WiFi.....	47
6.15.	ANEXO 15: CÓDIGO PHP DE PÁGINA DE ÚLTIMA TRANSMISIÓN DE DATOS.....	54
6.16.	ANEXO 16: PÁGINA WEB DE ÚLTIMA TRANSMISIÓN PARA USUARIOS CON PRIVILEGIO LECTOR/COMENTADOR.....	58
6.17.	ANEXO 17: PÁGINA WEB PRINCIPAL PARA USUARIOS CON PRIVILEGIO LECTOR/COMENTADOR.....	58
6.18.	ANEXO 18: PÁGINA WEB DE MAPA PARA USUARIOS CON PRIVILEGIO LECTOR/COMENTADOR.....	59
6.19.	ANEXO 19: PÁGINA WEB DE MAPA PARA USUARIOS CON PRIVILEGIO ADMINISTRADOR/EDITOR.....	59
6.20.	ANEXO 20: PÁGINA WEB DE CONFIGURACIÓN APs PARA USUARIOS CON PRIVILEGIO ADMINISTRADOR/EDITOR AL PRESIONAR REGISTRAR APs.....	60
6.21.	ANEXO 21: PÁGINA WEB DE CONFIGURACIÓN APs PARA USUARIOS CON PRIVILEGIO ADMINISTRADOR/EDITOR AL PRESIONAR ACTUALIZAR APs.....	60
6.22.	ANEXO 22: PÁGINA WEB DE CONFIGURACIÓN TAGs PARA USUARIOS CON PRIVILEGIO ADMINISTRADOR/EDITOR AL PRESIONAR REGISTRAR TAGs.....	60
6.23.	ANEXO 23: PÁGINA WEB DE CONFIGURACIÓN TAGs PARA USUARIOS CON PRIVILEGIO ADMINISTRADOR/EDITOR AL PRESIONAS MODIFICAR TAG.....	61

---

6.24.	ANEXO 24: TABLA LOC_AP CON DATOS. ....	61
6.25.	ANEXO 25: TABLA SIGEM_INVENTARIO CON DATOS. ....	61
6.26.	ANEXO 26: TABLA LOC_HISTORIAL_TAG CON DATOS. ....	62
6.27.	ANEXO 27: MAPA DEL PISO 1 HUCKE CON APs. ....	62
6.28.	ANEXO 28: MAPA DEL PISO 2 HUCKE CON APs. ....	63
6.29.	ANEXO 29: MAPA DEL PISO 3 HUCKE CON APs. ....	63
6.30.	ANEXO 30: MAPA DEL PISO 4 HUCKE CON APs. ....	64
6.31.	ANEXO 31: MAPA DEL PISO 5 HUCKE CON APs. ....	65

## 1. INTRODUCCIÓN

El área de la salud ha estado generando nuevas tecnologías de manera muy rápida ya que va de la mano con el aumento de la demanda que exige el ambiente hospitalario, por la necesidad actualmente de equipamiento médico para dar diagnósticos, como exámenes de sangre o toma de imágenes, también, existen equipos para la rehabilitación de pacientes, otros exclusivamente para operar, al igual existen los que son para monitorear parámetros médicos importantes, entre otros que difieren entre sus funciones y dimensiones. Estos están en contacto con el paciente y el personal clínico es quien los utiliza, es importante que estos equipos o dispositivos médicos se les realice un seguimiento de sus actividades o funciones y sus respectivos planes de mantenimiento para conocer el estado en que se encuentra, los cuales deben estar en buen estado y disponibles para su uso con el fin de abarcar las necesidades de los pacientes.

En los establecimientos de salud, según su nivel de atención, poseen diversos equipos y dispositivos médicos para sus unidades, los cuales cuentan con tecnologías específicas correspondientes a la cartera de servicios, por lo tanto, deben de hacerse responsables de conocer la ubicación y el estado de cada uno para poder atender al paciente de manera óptima y de calidad, pero en la realidad hospitalaria no siempre es así por diversos puntos: El primero, es acerca de la pérdida de equipos o dispositivos dentro del establecimiento, como menciona S. Navarro en su proyecto de tesis de LocEM [1] “se presenta la alteración de flujo de trabajo de las enfermeras, quienes deben destinar gran cantidad de tiempo en ubicar el equipamiento médico, provocando que se desatienda las labores principales que permiten llegar a una atención integral”. Al igual menciona dos estudios, el primero es una encuesta de Nursing Times indicando que “una de cada tres enfermeras dedica una hora o más por turno a buscar equipamiento médico para usar con sus pacientes.”, mientras que estudio de Galbman menciona que “el personal clínico debe invertir entre un 25% y 33% de su tiempo para lograr localizar el equipo médico dentro de la institución y cumplir finalmente con la atención”. El segundo va de la mano con el primer punto que es acerca de que la pérdida del equipo puede ser cuando entre unidades se traspasan los equipos médicos y no se tiene un registro de las actas de esta acción, o si es que se tiene los/las funcionarios/as no poseen de esa información y pierden tiempo en la búsqueda de este. El tercer punto es acerca de la seguridad del equipamiento médico como señala S. Navarro en [1] mediante un estudio de LogicBus el cual “señala que el 20% del total de equipos están extraviados por diversas razones. Al no estar disponible el equipamiento médico, impide la realización de análisis básicos o medición simples de parámetros fisiológicos, retrasando exámenes complejos de alta criticidad e importancia, así también dificulta la realización de procedimientos clínicos u operaciones quirúrgicas, generando un aumento en las listas de espera”. Finalmente, cómo cuarto punto es acerca del robo de los equipos y dispositivos médicos, el cual existen evidencias como en el caso de Chile que en la página oficial del noticiero 24horas del martes 16 de febrero de 2016 “Detienen a banda de colombianos que robó equipos médicos de alta tecnología” quienes extrajeron tecnología avaluada en más de 300 millones de pesos actuando en al menos 5 centros de salud de Chile [2]. Afectando a la atención de pacientes que han debido de atrasar sus citas médicas debido a que no se encontraban en el establecimiento de salud los equipos para sus diagnósticos o tratamientos correspondientes, provocando un aumento en la lista de espera y frustración tanto para el paciente como para el personal clínico.

Por consiguiente, debido a las diversas problemáticas mencionadas anteriormente los centros de salud se tienen que hacer cargo de la reposición de los equipos o dispositivos médicos faltantes, como menciona S. Navarro en [1] que existen costos asociados debido a la pérdida de equipos médicos, quien cita a LogicBus que indica que “en promedio los hospitales experimentan una pérdida anual entre 15 y 35% de

los costos totales de activos, dado que al no tener un rastreo de los equipos, los hospitales se ven obligados a realizar compras y alquileres de equipos, lo que conlleva a costos de mantenimiento y servicios adicionales". El fin de enfrentar estos puntos es poder destinar el dinero a mejorar las atenciones o cubrir las necesidades de otras unidades que lo necesitan, es por esto que se debe mejorar los sistemas de seguimiento, administración y manejo de recursos.

Para poder mitigar esta problemática en el contexto hospitalario se ha considerado continuar lo propuesto del módulo de LocEM de SIGEM-UV, donde en esta oportunidad se actualizó a LocDEM ya que se consideran los dispositivos médicos, por tanto, este proyecto se diseñará el primer prototipo de un TAG WiFi para la localización activa de los equipos médicos en un espacio interior, como menciona S. Navarro en su proyecto de tesis la alternativa de localización por WiFi posee la gran ventaja debido a que la implementación no será invasiva cuyo motivo es que Chile existe la estructura WiFi, particularmente en los espacios interiores, por lo que "economiza tiempo y dinero a las Instituciones Prestadoras de Salud".

Por consiguiente, se realizó una búsqueda de estudios y proyectos acerca de la localización en espacio interiores mediante WiFi, donde se encontraron distintas técnicas como trilateración, multilateración y fingerprinting, las cuales difieren entre sí por la complejidad de aplicación. Crizul y Gómez [3] indican, mediante su propia investigación, que para la tecnología WiFi son dos las medidas más utilizadas en localización, siendo estas el RSSI (Received Signal Strength Indicator) y el CSI (Channel State Information). El RSSI es la potencia real con la que una señal llega al receptor, medida en dBm (decibelios-miliWatts) y esta medida se puede obtener de la capa física, mientras que el CSI representa cómo se propagan las señales inalámbricas desde el transmisor hasta el receptor a determinadas frecuencias a lo largo de multi-trayectos, donde la Respuesta de Impulso del Canal (CIR) o su par de Fourier son entregados por la capa física.

Además, existen diversas técnicas de localización con el fin de utilizar la información de las señales de onda y algoritmos para el cálculo de la ubicación. Se organizan según la metodología para localizar, donde Crizul y Gómez mencionan tres grupos de métodos. El primero es acerca del uso de propiedades geométricas de los triángulos para estimar la ubicación del dispositivo, ellos lo llaman triangulación, el segundo vendría siendo el análisis de escena (Fingerprinting), mientras que el tercero es por proximidad.

Siendo más detallados, el primer método está dividido en dos partes, en lateración y en angulación. Para la primera parte están las técnicas a implementar para la trilateración, es decir, calcular coordenadas del usuario a partir de la distancia estimada de este para tres o más antenas/router, que en nuestro caso serían los APs o routers, estas distancias al no ser exactas provocan que las intersecciones sean una región o puede dar más de un punto, o no exista intersección, por lo que es necesario aplicar un logaritmo para estimar la ubicación del dispositivo de interés; en donde hay cinco métodos para realizar trilateración, el primer método viene siendo el Basado en la Atenuación de la Señal Recibida la cual utiliza el RSSI para establecer una relación entre esta variable y la distancia que existe entre el emisor y el receptor, el segundo método es el Tiempo de Vuelo (ToF, Time of Flight) el cual usa el tiempo de propagación de la señal para calcular la distancia entre el transmisor y receptor, el tercero es la Diferencia de Tiempo de Arribo (TDoA, Time Difference of Arrival) que utiliza la diferencia de los tiempos de propagación de las señales desde el transmisor medidas en los receptores, el cuarto es el Tiempo de Retorno de Vuelo (RTof, Return Time of Flight) que mide el tiempo de ida y de regreso de la propagación de la señal para estimar la distancia entre el receptor y transmisor, como último es la Fase de Arribo (PoA, Phase of Arrival) la cual estima la distancia del transmisor y receptor mediante la diferencia de fase con que llega la señal de la onda en diferentes antenas. Mientras que para la angulación solo existe como técnica el Ángulo de Arribo

---

(AoA, Angle of Arrival) donde la ubicación del dispositivo se calcula como la intersección de rectas que pasan por las antenas/router, cada uno determinado por un ángulo en que llega la señal al router.

Por otro lado, el Fingerprinting requiere de un estudio previo del entorno para obtener huellas de los valores del RSSI, este método se divide en dos etapas: offline y online. La etapa offline toma las medidas del RSSI en determinados puntos del recinto generando un mapa de datos para asociarlos a una etiqueta que indicaría la clase a la que pertenecen, el fin de esta etapa es entrenar el algoritmo para ser utilizados en la etapa siguiente. Mientras que la etapa online es cuando el sistema recibe mediciones y deben ser comparadas con las de la etapa offline para estimar la ubicación del dispositivo.

Finalmente, está el método de Proximidad el cual brinda la ubicación relativa respecto a un/a router/antena gracias a la posición real de estas cuando se encuentran activas, para determinar cuál es la señal más potente.

Existen problemas que afectan en la localización en interiores, uno es la falta de línea de visión (NLoS, Non-Line of Sight) y a la vez el multi-trayecto (multipath), y el otro es la privacidad. Entrando en más detalle, la causa de no poseer NLoS es por la presencia de obstáculos como personas, mobiliario, paredes, lo que provoca una atenuación adicional de la señal recibida al receptor, por consiguiente, el multi-trayecto es causado por la reflexión de la onda al impactar con los obstáculos, es decir, la misma señal llega al receptor por diferentes caminos a diferente ángulo e intensidad de potencia de la señal; por otro lado, el tema de la vulneración de privacidad afecta ya que la mayoría de los dispositivos que tienen interfaz WiFi poseen una dirección de capa de enlace única por dispositivo, que es la dirección MAC o Basic Service Set Identifier BSSID, con la cual sería posible identificar ya que permitiría rastrear y estudiar sus comportamientos a partir de sus recorridos, pero para el caso del presente proyecto solo se rastrearía el TAG, el cual no va a contener información delicada de la institución.

Según lo mencionado, la medida descartada sería el CSI ya que sería una matriz 3D de valores complejos que representan la atenuación de amplitud y el desplazamiento de fase de los canales WiFi multitrayecto, por lo tanto, la medida a utilizar sería el RSSI debido a que se encontró bastantes proyectos de diferentes tecnologías que usan esta medida ya que es la más fácil de obtener y trabajar en localización, además para usarla debe implementarse en un método, el cual es la trilateración Basado en la Atenuación de la Señal Recibida debido a que los métodos ToF, TDoA, RToF y PoA requieren de Línea de Visión (LoS, Line of Sight) para lograr una buena precisión, mientras que en AoA a medida que la distancia aumenta, la precisión disminuye, provocando un error alto para la estimación de ubicación; por otro lado, se conoce que Fingerprinting es un método bastante usado ya que da estimaciones precisas de las ubicaciones, pero son susceptibles a los cambios del entorno, además que requiere mayor tiempo para implementar y como el presente proyecto va a ser el primer prototipo de localización activa se debe crear todo lo que conlleva la visualización y manejo de datos; por último está el método de Proximidad el cual se implementará para cuando exista un solo nodo/router/AP activo en el instante que el dispositivo tome las medidas.

Cabe destacar que según lo que menciona Sasiwat, Buranapanichkit, Chetpattananondh, Sengchuai, Jindapetch y Booranawong [4] en su investigación, el método de trilateración basado en RSSI tiene una fluctuación de esta variable causada por los movimientos humanos cuando interrumpe la línea de visión, lo que impacta en la precisión de la estimación para la trilateración disminuyendo el valor del RSSI de -2 a -5 [dBm] aproximadamente.

Considerando todo lo mencionado, este proyecto de tesis desarrollará el algoritmo en un Raspberry Pi 3 B+ ya que la escuela facilitó uno por ser el primer prototipo a realizar, en este se obtendrán los BSSID y sus RSSI de las redes WiFi disponibles, mientras que para implementar la trilateración Basado en la Atenuación de la Señal Recibida RSSI se implementará en el servidor de SIGEM-UV para obtener las coordenadas x e y que indique el área en que se ubica el dispositivo o equipo médico, sumándole que se trabajará con la base de datos para guardar y obtener información respecto a los equipos y routers/APs.

Para lograrlo, se definió el siguiente objetivo general:

- Localizar equipos y dispositivos médicos en un recinto cerrado mediante un TAG WiFi visualizándolo en un sistema.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Realizar estudios preliminares del comportamiento de la intensidad de potencia de la señal recibida de los puntos de acceso según distancias, pisos, existencia de vidrios y/o muros dentro del recinto.
- Desarrollar algoritmo de escaneo mediante Python en un recinto cerrado para uso en computador y Raspberry Pi 3 B+.
- Implementar protocolo de comunicación y módulo de visualización en el servidor.
- Perfeccionar módulo del servidor.
- Evaluar rendimiento de la batería.

## 2. METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN

Para llevar a cabo este proyecto, se utilizó la metodología de desarrollo de software de manera incremental ya que se va trabajando en un producto final de manera progresiva. Cada ciclo de desarrollo consta de cuatro etapas: análisis, diseño, código y prueba [5]. Como en cada etapa se agrega una funcionalidad, va a permitir visualizar antes que se complete todas las etapas del proyecto [6], con la finalidad de poder perfeccionar a medida que se van viendo escenarios según el usuario y a la vez cumpliendo con el objetivo principal.

El desarrollo de este se requirió de diferentes herramientas y lenguajes de programación para su implementación, estos son:

- Spyder de Anaconda: Software editor de código abierto para programar en lenguaje Python.
- Lenguaje de programación Python: Permite realizar algoritmo junto a una librería específica para escanear redes WiFi en tiempo real mediante su potencia de señal, además se realizó el gráfico del estudio preliminar del vidrio.
- HeidiSQL: Software libre y de código abierto que permite conectarse a MySQL para trabajar con la base de datos, la cual ordena los datos por tablas para el funcionamiento del sistema.
- Notepad++: Editor de texto y de código fuente libre con soporte para varios lenguajes de programación, como PHP, HTML y CSS.
- Lenguaje de programación PHP: Lenguaje de código abierto para el desarrollo web favoreciendo la conexión entre los servidores y la interfaz de usuario. Permite realizar algoritmos para: recepción del protocolo de comunicación, trabajar estos datos junto a la conexión a la base de datos, priva la información a mostrar si la persona se encuentra registrada o no al módulo de LocDEM.

- Lenguaje de programación SQL: Lenguaje específico para administrar y recuperar información desde la base de datos mediante consultas.
- Lenguaje de programación HTML: Código utilizado para estructurar la página web y sus contenidos a visualizar, permitió realizar formularios para completar con datos necesarios para la base de datos o el sistema mediante botones.
- Lenguaje de programación CSS: Lenguaje de diseño gráfico para definir y crear la presentación de la página web mediante estilos, permitiendo crear el módulo de visualización para el mostrar la ubicación del dispositivo de interés mediante un mapa junto al piso donde se encuentra y otros datos de interés dentro del mapa.
- Excel: Hoja de cálculo utilizada para ordenar información obtenida de los RSSI.

El proyecto considera 18 semanas de trabajo, las cuales se debe cumplir con los objetivos planteados, es por esto que se desarrolla una planificación de las distintas actividades que se deben cumplir según el objetivo general, este sufrió cambios a medida que paso el tiempo ya que al inicio se pensó hacer todo el sistema de localización en el Raspberry, ver en Anexo 1, pero se cambió a que el Raspberry solamente envíe información y en el servidor se trabajen los datos para desarrollar la localización, ya que así el consumo energético del Raspberry disminuye, además el software debe ser estable, es decir, que si se necesita actualizar el sistema se realiza de forma remota en el servidor, no se requerirá recolectar los dispositivos (TAGs) para actualizar. Para estas actividades se asignó un tiempo estimado para cada una, donde los hitos comprueban el avance, esta planificación la puede encontrar en el Anexo 2.

Cabe mencionar que el presente proyecto se divide en dos partes para hacer el sistema, el trabajo que se realiza en el Raspberry Pi 3 B+ y el trabajo realizado en el servidor, donde cada uno posee etapas. Es por esto que el informe se divide primeramente en el estudio preliminar respecto al comportamiento del RSSI de los APs que se encuentran en el edificio Hucke de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Valparaíso frente a circunstancias que afectarían la señal, otra división es respecto a lo trabajado en el Raspberry dentro de la Institución, como tercera división es lo realizado en el servidor, y como último es respecto al rendimiento de la batería que usará el dispositivo según la frecuencia de envío de datos.

Antes de comenzar a realizar el estudio preliminar, se debe conocer la ubicación e información acerca de los APs/routers que se encuentran por piso del edificio Hucke, es por esto que previamente al escaneo de las redes WiFi, se buscó una librería a utilizar en Python que permita usar el módulo WiFi que sea compatible con Sistemas Operativos de Windows, por el computador, y Linux, por Raspberry Pi 3 B+, donde *pywifi* [7] cumple con los requisitos. Se instaló mediante el comando: *pip install pywifi*.

Por consiguiente, se realizó el código Python en Spyder para el escaneo de redes WiFi del edificio Hucke con duración de 3 segundos para obtener la información requerida gracias a la librería, como el nombre de la red (*ssid*), la dirección MAC de los Access Points APs (*bssid*) junto a sus Indicadores de Potencia de Señal Recibida RSSI (*signal\_strength*) en tiempo real, donde se pudo visualizar todas las redes disponibles por lo que se decidió escanear las redes que tengan el nombre de la red "Alumnos UV" como primer filtro, visualizándolas de manera decreciente mediante el RSSI, este código lo pueden visualizar en Anexo 3 llamado **Escaneo de redes** con el fin de poder identificar los APs/routers que existen en Hucke, los cuales se ingresaron a una hoja de Excel, Tabla 1, indicando el piso, nombre asociado al AP/router, dirección MAC del AP y una breve descripción de la ubicación del AP, con el fin de tener la información base para los mapas por piso.

## 2.1. ESTUDIO PRELIMINAR.

Como ya se identificaron los APs/routers existentes por piso del edificio Hucke se procede a realizar los estudios preliminares en el computador acerca del comportamiento de la señal respecto a dos indicadores, primero es sobre cómo afecta la distancia a la señal, y cuando existe un vidrio entre el AP y el dispositivo.

Primeramente, se digitalizaron los mapas de cada piso y se pensó en un recorrido para realizar el estudio de la distancia entre un AP y el dispositivo, se escogió el piso 2 donde en la Fig.1 se pueden visualizar el recorrido realizado, partiendo en AP 2.2 (ubicado en pasillo norte) y terminando en AP 2.1 (ubicado en pasillo sur), donde cada rombo rosado representa la posición que se tomaron mediciones, estas tienen una distancia de 3 metros entre cada rombo, y los datos que se obtuvieron se ingresaron a un código Python para representar de mejor manera el estudio, Figura 7 se puede ver en la sección de resultados, este algoritmo se llama **Estudio preliminar círculos** (Ver en Anexo 4).



Figura 1: Recorrido del estudio preliminar del comportamiento de la señal cada 3 metros entre dos APs y computador.

Por consiguiente, se realizó el mismo recorrido solo que se agregó el AP 3.1 del piso 3 a la toma de datos además de considerar los otros dos APs del piso 2, con el fin de ver el comportamiento de la señal cuando se encuentra en otro piso. Igualmente se tomaron los datos cada 3 metros, estos representados por los rombos rosados, para realizar el camino en el piso 3 como se puede ver en la Figura 2. Como se realizó anteriormente, se utilizará el mismo código Python Estudio preliminar círculos para representar las mediciones del estudio de mejor manera, esta se puede ver en la Figura 8 en sección de resultados.

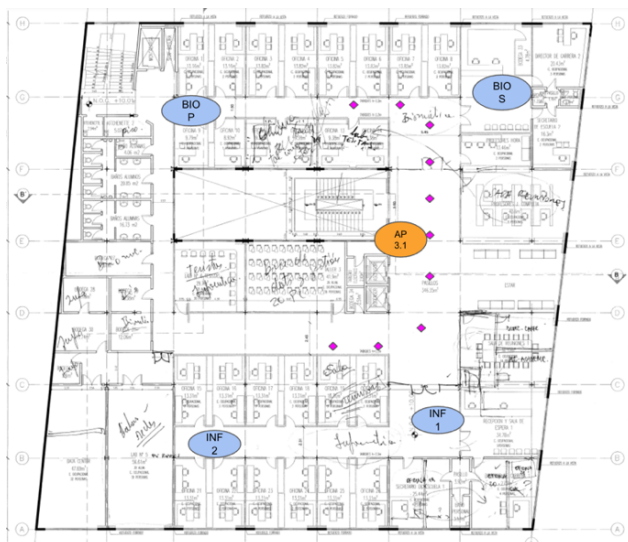


Figura 2: Mapa del piso 3 indicando recorrido a realizar para estudio con 2 APs del piso 2 y 1 AP del piso 3.

Finalmente, se realizó la toma de datos para visualizar el comportamiento de la señal cuando existe un vidrio entre el dispositivo y un AP. Para comenzar se identificó un AP que tenga línea de visión y a la vez que exista una ventana de vidrio para poder posicionar el computador detrás de este, con el fin de tomar datos con la ventana abierta y cerrada, siendo el AP 2.2 el seleccionado, se ubicó el computador en una mesa detrás de la ventana que esta frente al AP de interés, representado por el triángulo rojo en la Figura 1, donde se tomaron 20 minutos de muestra, los primeros 10 minutos (600 segundos) la ventana se encontraba cerrada y los minutos restantes con la ventana abierta, estas mediciones se tomaron para realizar un gráfico de RSSI versus tiempo mediante el código **Estudio vidrio** (Anexo 5) y el resultado se visualiza en la Figura 9 en la sección de resultados.

## 2.2. RASPBERRY PI 3 B+

Ya conociendo lo que se puede obtener mediante la librería *pywifi* en Python, se realiza el algoritmo para el escaneo de señales WiFi en el dispositivo que representará un TAG, donde previamente se usó el comando `pip3 install pywifi --user` en el terminal para instalar la librería en el Raspberry. Este código se encuentra en Anexo 6. En las siguientes líneas se dará más detalle del código y de las modificaciones del dispositivo para que funcione de manera correcta.

Este código permite obtener la dirección MAC del Raspberry, las direcciones MAC de los routers/APs que obtiene en el segundo de escaneo y sus RSSI. Esta información se usa para enviar el protocolo de comunicación desde el Raspberry al servidor, con el fin de tener una estructura de los datos para luego usarlos en el servidor, este quedo establecido de la siguiente manera en el Raspberry:

```
DireccionMACRaspberry_DireccionMACAP1@RSSIAP1_DireccionMACAP2@RSSIAP2_DireccionMACAP3
@RSSIAP3_...
```

Pero el protocolo de comunicación con el que se va a trabajar va a necesitar la fecha y hora del envío de datos ya que así se tiene registro, esta se va a ingresar al protocolo cuando llegue al servidor, es por esto que el protocolo final es:

FechaTx\_DireccionMACRaspberry\_DireccionMACAP1@RSSIAP1\_DireccionMACAP2@RSSIAP2\_DireccionMACAP3@RSSIAP3\_...

Por otro lado, el Raspberry cuando se encendía la fecha y hora del dispositivo no estaban en la zona horaria correcta, ya que quedaba registrado con la fecha y hora de la última vez que se mantuvo encendido, esto resultó ser un problema ya que el servidor tiene que recibir estos datos, y este generaba un error acerca de los certificados SLL, este trataba que no permitía la recepción de datos cuando no coinciden en la hora de envío por parte del transmisor, es por esto que en el terminal se debió hacer una conexión a cualquier servidor NTP en Chile para que el Raspberry se sincronizara con la fecha y hora de manera automática de ese servidor, donde lo realizado en el terminal paso a paso es lo siguiente:

1. Ejecutar comando `sudo nano /etc/systemd/timesyncd.conf`
2. Se configuro el servidor NTP a servidores que sean de Chile para sincronizar la hora, los cuales poseen una extensión 'cl' como este: NTP=cl.pool.ntp.org
3. Se guardo y cerro el editor 'nano'.
4. Se reinicio el servicio para aplicar los cambios: `sudo systemctl restart systemd-timesyncd`.
5. Luego el sistema pide recargar las unidades Daemon, los cuales son para recargar la configuración del sistema y aplicar los cambios realizados en las unidades de servicio, mediante el comando: `sudo systemctl daemon-reload`.
6. Luego se reinicia el servicio mediante el comando: `sudo systemctl restart systemd-timesyncd`.
7. Finalmente se ejecuta el comando: `sudo systemctl status systemd-timesyncd` para verificar el estado del servicio con el fin de asegurar que se encuentre sincronizado correctamente, el cual indica que el servicio está en ejecución y sincronizado con el servicio NTP configurado.

Por consiguiente, este dispositivo al ya tener el protocolo de comunicación listo en un código Python, este archivo debe ser ejecutado de manera automática cuando el Raspberry se encienda, por lo tanto, se siguieron los pasos de un video [8] que se configura en el terminal, estos son:

1. Ejecutar comando `crontab -e` luego elegir el editor nano.
2. Ingresar `@reboot python3/home/pi/Desktop/bssid_rssi.py`.
3. Guardar los cambios.
4. Reiniciar el Raspberry mediante `sudo reboot`.

Así mismo, el Raspberry puede indicar mediante el buzzer que posee si está encendido y si ha enviado los datos, en el código de Escaneo Raspberry se creó una función para realizar esta acción con el nombre de `beep`, donde es llamada al inicio para indicar que este encendido el Raspberry, y luego es llamada dentro de la función `scan_wifi_networks` para indicar que se ha enviado el protocolo de comunicación.

Finalmente, el dispositivo debe configurarse para cuando escanee y envíe los datos, este entre en un estado de reposo con el fin de ahorrar batería. Existen dos estados que puede estar el dispositivo: suspensión e hibernar. La diferencia entre estos dos es que en la suspensión el tiempo de volver a su estado normal es menor a hibernar, ya que el primero se encuentra en un estado de reposo no tan profundo como el segundo. Es por esto que se activó la suspensión en el Raspberry durante 5 minutos, para luego despertar, escanear y enviar el protocolo de comunicación para entrar en ese estado, esto se logró al configurar el código Escaneo Raspberry, donde el comando para inducir a este estado es `subprocess.run(["sudo", "systemctl", "suspend"])`.

## 2.3. SERVIDOR

El servidor tiene la capacidad de poder trabajar con muchos datos a la vez, es por esto que sus entradas son: el protocolo de comunicación que llega desde el Raspberry y los datos que se llaman desde una tabla de la base de datos de SIGEM-UV, para entender de mejor manera en la Figura 3 se encuentra el esquema general del proyecto. Para esta parte se divide en tres secciones que el usuario puede visualizarlo ya que son las maneras que se ingresa información al servidor y a la base de datos: Configuración de APs/routers, Configuración de TAGs y Demo TAG WiFi. Mientras que existe una sección oculta para trabajar los datos que envían los TAGs y de manera automática rellenar una tabla, LOC\_Historial\_TAG, de la base de datos.

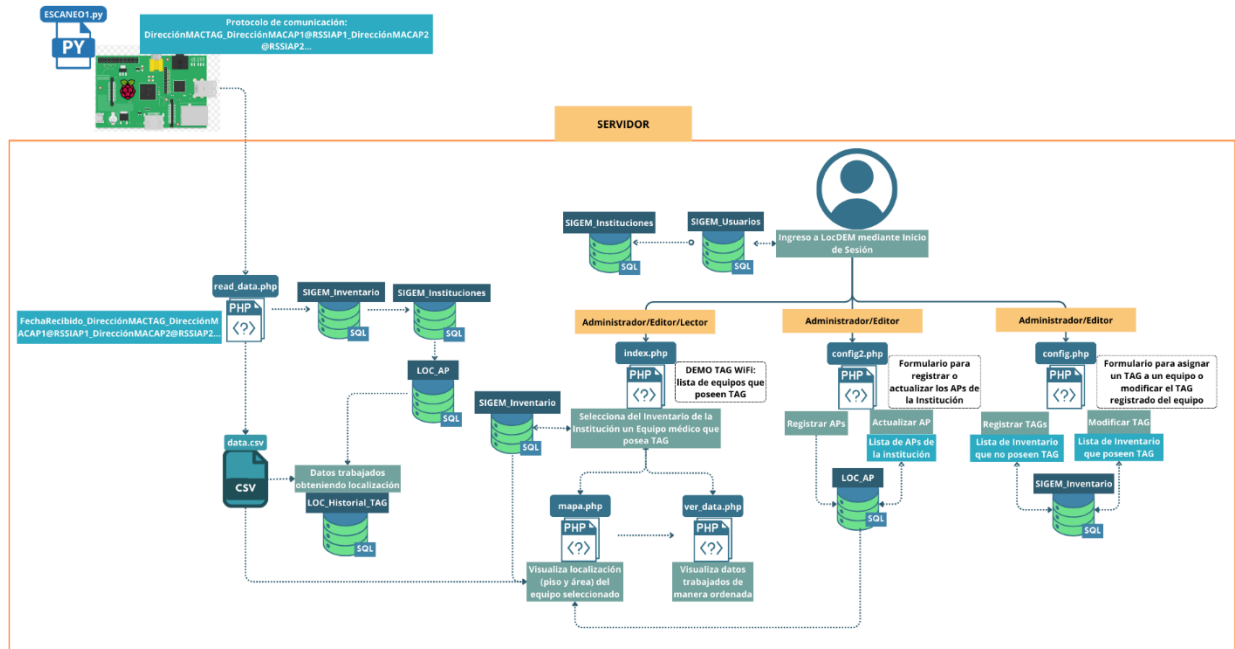


Figura 3: Esquema funcional del proyecto.

Como indica la figura, para poder acceder a las secciones que se pueden ver desde la página web, la persona interesada debe estar registrada en el módulo de LocDEM, donde se verifica su usuario desde la base de datos mediante la tabla SIGEM\_Usuarios con el fin de obtener su ID\_Institucion ya que este se usará para filtrar información a mostrar en las secciones, donde cada usuario posee un privilegio al cual restringe a que información puede acceder, donde los usuarios cuyo privilegio es Administrador o Editor pueden acceder a las tres secciones, mientras que los otros (Lector o Comentarador) pueden visualizar solo el Demo TagWiFi, esto es posible ya que se hace un llamado a la información de la base de datos, lo cual es importante en este proyecto el uso de las tablas seleccionadas (Ver en Anexo 7) las cuales se relacionan entre ellas mediante una columna, esto es gracias a las llaves foráneas.

Antes de entrar a explicar el desarrollo de las tres secciones que se visualizan en la página web, a continuación se detallará la sección oculta que se desarrolla en el servidor, la cual es procesar los datos que provienen desde los TAGs, como se visualiza en la Figura 3 existen dos archivos, el primero es read\_data.php (ver Anexo 8) el cual inicia con recepcionar el protocolo de comunicación del TAG para ingresar el protocolo de comunicación completo al archivo data.csv, es decir, agregar la fecha de la transmisión de datos, como se visualiza en la Figura 4, para así trabajar para obtención de datos desde las tablas de la base de datos que se necesitan con el fin de rellenar la tabla LOC\_Historial\_TAG, cuyos valores

para los campos correspondientes son representados por el cuadro anaranjado con letras blancas, las cuales se pueden ver en el Anexo 9 la llave foránea establecida en el campo de ID\_Inventario que identifica la columna proveniente desde la tabla SIGEM\_Inventario.

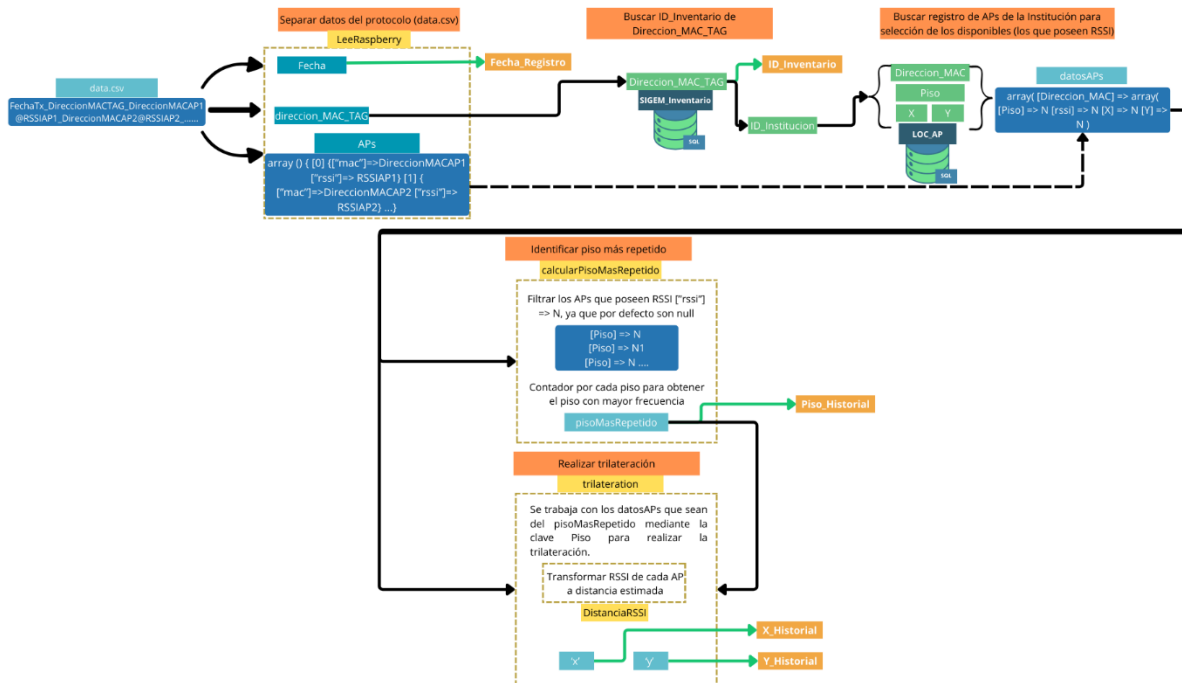


Figura 4: Esquema de archivo read\_data.php.

Como se visualiza en la figura 6, se realiza la trilateración para obtener las coordenadas X e Y de la ubicación del Raspberry, por lo cual para este método basado en RSSI se implementaron las siguientes fórmulas dentro de las funciones DistanciaRSSI y trilateration:

- RSSI a distancia estimada:

De acuerdo con [9] existe la ecuación de la Potencia de la señal recibida la cual es:

$$RSSI [dBm] = -10n \log_{10}(d) + A,$$

La cual, al despejar d, aplicando las propiedades de logaritmo, se obtiene la ecuación de la distancia estimada:

$$d = 10^{\frac{A-RSSI}{10n}} \quad (1)$$

Donde:

d: es la distancia teórica.

A: RSSI a 1 metro.

RSSI: RSSI en tiempo real.

n: Factor de atenuación, n=2 en espacios libres, pero este cambia según el entorno en donde se está implementando.

Para calibrar y visualizar el efecto del n en la ecuación, se realizaron pruebas empíricas en dos APs que tienen línea de visión, uno del piso 3 y otro del piso 2, donde se tomaron datos cada un metro, a continuación, se visualiza un dibujo representando la toma de datos de los dos APs.

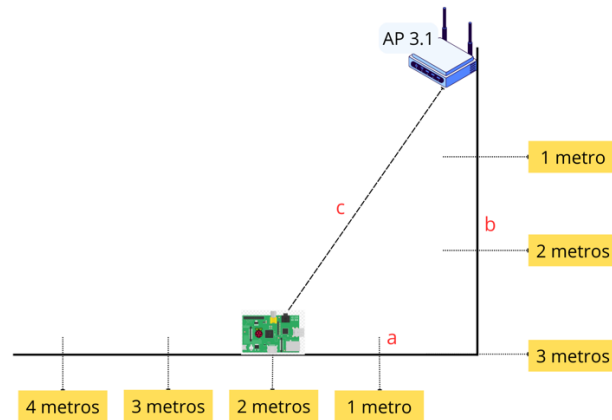


Figura 5: Esquema para obtener distancia estimada en AP 3.1.

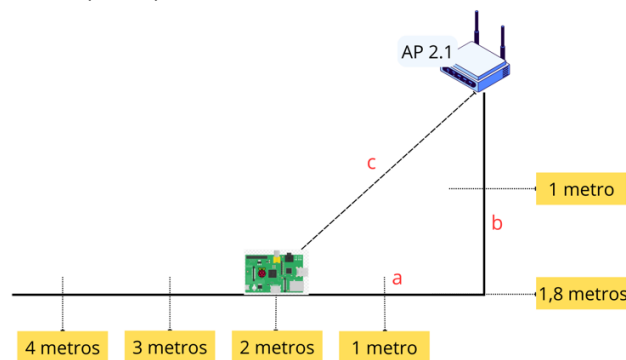


Figura 6: Esquema para obtener distancia estimada en AP 2.1.

Como se visualiza, se forma un triángulo ya que los APs están ubicados en la pared, por lo cual se utiliza el teorema de Pitágoras, ecuación (2), para poder determinar la distancia correcta entre el AP y el Raspberry Pi 3 B+. En resultados se puede visualizar gráficos de los valores de la distancia estimada de los dos APs.

$$c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2)$$

Los datos de los dos APs que se obtuvieron para calibrar el factor de atenuación  $n$ , se pasaron a un gráfico con el fin de ver el efecto del RSSI vs distancia, donde se usa (2) para obtener la distancia real, y esta se compara con la ecuación (1) para obtener distintas distancias teóricas ya que se irá cambiando el valor de  $n$  con el fin de obtener el más apropiado para el AP. Estos gráficos, Figura \_ y \_ se pueden ver en resultados.

- Trilateración:

El sistema de ecuaciones de a continuación se obtiene mediante la fórmula general de una circunferencia, ya que la señal de los APs realiza esta forma [10]. Por lo cual, para este trabajo se realiza la trilateración solamente con 3 APs.

$$d_1^2 = (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \quad (3)$$

$$d_2^2 = (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \quad (4)$$

$$d_3^2 = (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 \quad (5)$$

Donde:

$d_n$ : Distancia teórica de AP al dispositivo (TAG), obtenida con (1).

$x, y$ : Coordenadas del dispositivo (TAG), estas son las incógnitas.

$x_n, y_n$ : Coordenadas del AP.

Las ecuaciones (2), (3) y (4) se expanden, quedando de la siguiente manera:

$$d_1^2 = x^2 - 2xx_1 + x_1^2 - y^2 - 2yy_1 + y_1^2 \quad (6)$$

$$d_2^2 = x^2 - 2xx_2 + x_2^2 - y^2 - 2yy_2 + y_2^2 \quad (7)$$

$$d_3^2 = x^2 - 2xx_3 + x_3^2 - y^2 - 2yy_3 + y_3^2 \quad (8)$$

Como (6), (7) y (8) son ecuaciones no lineales independientes, no podrán ser resueltas matemáticamente por si solas, por lo cual, se debe usar el método propuesto por Dixon para obtener el plano de intersección de circunferencias, donde la ecuación (8) se resta a la ecuación (7) obteniendo la siguiente ecuación lineal:

$$d_2^2 - d_3^2 = 2x(x_3 - x_2) + 2y(y_3 - y_2) + x_2^2 + y_2^2 - x_3^2 - y_3^2 \quad (9)$$

Y (6) se resta a (7) dando como resultado esta ecuación lineal:

$$d_2^2 - d_1^2 = 2x(x_1 - x_2) + 2y(y_1 - y_2) + x_2^2 + y_2^2 - x_1^2 - y_1^2 \quad (10)$$

Reordenando la ecuación (9) se obtiene una nueva variable y ecuación:

$$x(x_3 - x_2) + y(y_3 - y_2) = \frac{(d_2^2 - d_3^2) - (x_2^2 - x_3^2) - (y_2^2 - y_3^2)}{2} = V_a \quad (11)$$

Igualmente se reordena la ecuación (10) para obtener una nueva ecuación y variable:

$$x(x_1 - x_2) + y(y_1 - y_2) = \frac{(d_2^2 - d_1^2) - (x_2^2 - x_1^2) - (y_2^2 - y_1^2)}{2} = V_b \quad (12)$$

Finalmente, se resuelve primero la ecuación (12) para obtener "y", luego (11) para obtener "x". Estos valores del punto de intersección (x, y) dan la posición en 2D del nodo/antena que se desea localizar.

$$y = \frac{V_b(x_3 - x_2) - V_a(x_1 - x_2)}{(y_1 - y_2)(x_3 - x_2) - (y_3 - y_2)(x_1 - x_2)} \quad (13)$$

$$x = \frac{V_a - y(y_3 - y_2)}{(x_3 - x_2)} \quad (14)$$

Para este método se realizó una validación para entender cómo funciona esta forma de localización mediante un gráfico de burbujas, donde se colocaron las coordenadas de 3 APs de la Tabla 1 que pertenecen al piso 3 y se realizó la ecuación (13) y (14) para la trilateración, esto se puede visualizar en la sección de resultados en la Figura 11.

### 2.3.1. CONFIGURACIÓN APs/ROUTERS

Como se obtiene información de todos los APs/routers que escanea el Raspberry, se debe tener una tabla en la base de datos donde contenga la información relevante de los APs/routers que pertenezcan a la institución con el fin de poder usarlos para localizar, es por esto que los campos de la tabla LOC\_AP son Dirección MAC, ID\_Institucion, Recinto, Piso, Sector, Nombre AP, X, Y. En el campo de ID\_Institución se establece una llave foránea que identifica la columna proveniente de la tabla SIGEM\_Instituciones (ver Anexo 10).

Al tener establecida y creada la tabla LOC\_AP, esta debe ser completada y modificada desde la página en la sección llamada Configuración APs, es por esto que en el archivo config2.php, ver en Anexo 11, de la Figura 3 posee dos botones, uno es para Registrar APs y el otro es Actualizar APs.

El primero es un formulario, hecho con lenguaje HTML, donde la persona al ingresar con su usuario, debe ser Administrador o Editor, debe rellenar estos campos: Dirección MAC, Recinto, Piso, Sector, Nombre AP, X, Y, y se guardan en la tabla al momento de presionar el botón Registrar AP. Mientras que para Actualizar APs se usará cuando se cambie el AP/router de manera física en la institución debido a que no está funcionando bien, es por esto que aparecerá una lista de los APs/routers que estén registradas de la Institución a la que pertenece el usuario con el fin de seleccionar uno y actualizar la nueva dirección MAC del AP/router, y esta se registra en la tabla cuando se presione el botón Actualizar AP.

### 2.3.2. CONFIGURACIÓN TAGs

Como se debe tener registro de los TAGs que estén asociados a un dispositivo o equipo médico se sumó un nuevo campo a la tabla SIGEM\_Inventario que es Dirección\_MAC\_TAG, al igual que la sección anterior, se debe rellenar y modificar este campo según el equipo o dispositivo al cual se va a asociar, es por esto que en config.php, ver en Anexo 12, de la Figura 3 posee dos botones, una para Registrar TAGs y el otro para Modificar TAG.

Al presionar el primer botón, esta muestra un formulario, hecho con HTML, de dos campos, el primero es una lista desplegable del inventario, indicando el ID del Inventario, nombre alternativo y el número de serie, que no tienen registrado un TAG, toda esta información es obtenida desde la tabla SIGEM\_Inventario, y el segundo campo es para ingresar la dirección MAC del TAG, esta información se asociará al momento de presionar el botón inferior Registrar TAG. Por otro lado, al presionar el botón de Modificar TAG se visualiza un formulario donde el primer campo es una lista desplegable de los equipos o dispositivos médicos que tienen asociado un TAG, finalmente el segundo es un campo de texto el cual es para modificar la dirección MAC del TAG por si se debe cambiar ya que presento una falla u otro problema, esto se actualiza en la tabla SIGEM\_Inventario cuando se presione el botón inferior Modificar TAG. Cabe mencionar que esta configuración debe estar contenida en GDEM para que el personal clínico pida una orden de servicio para tomar acción a algún problema que posea el TAG, pero como este proyecto viene siendo la base respecto a la localización activa, se muestra en este módulo y en GDEM, donde prontamente debe sacarse esta configuración de LocDEM para evitar errores.

### 2.3.3. DEMO TAG WIFI

Finalmente, para visualizar el mapa del equipo de interés en la página web debe pasar por dos archivos php, el primero es index.php, ver en Anexo 13, el cual es la página principal cuando el usuario ingresa a DEMO TagWiFi desde el módulo LocDEM. Se visualiza una lista desplegable de los nombres alternativos de los equipos que poseen TAG, según lo registrado en la tabla SIGEM\_Inventario, se debe seleccionar uno y luego presionar el botón Seleccionar para dirigir a la página al archivo mapa.php, ver en Anexo 14.

Esta página se visualiza el mapa, y contiene toda la información necesaria para poder encontrar el equipo, es por esto que hay un dibujo de un edificio indicando el piso y un mapa, correspondiente al piso, indicando dos cosas: una son los “hotspot” que vendría siendo los APs/routers que el TAG encuentra indicando su RSSI y la distancia estimada, realizada con la ecuación (1), a la cual se encuentra del TAG, mientras que el otro es un icono indicando que el TAG se encuentra por la zona donde está ubicado, este último aplicando las ecuaciones (13) y (14) obtenidos por trilateración. Toda esta sección se logró hacer con lenguaje CSS para el ubicar los iconos en el mapa y PHP junto a SQL para la conexión a la base de datos.

Por otro lado, existe un archivo llamado `ver_data.php`, ver Anexo 15, el cual sirve para visualizar todos los datos con los que se trabaja de forma ordenada de la última transmisión de datos, como los datos que envía el TAG, la información que se asoció al TAG desde la base de datos, como al equipo al cual pertenece y su institución, también se pueden ver los APs que pertenecen a la institución y a la vez se encuentran activos, hasta el momento como se tiene solo un TAG este archivo muestra solo la información de ese TAG (Ver Anexo 16). Este código está realizado con lenguaje de programación PHP y SQL.

## 2.4. CONSUMO DE BATERÍA

Para esta última sección, se tomarán pruebas empíricas en tiempo real utilizando el Raspberry conectado a una entrada USB de una batería externa de 10.000 mAh enviando el protocolo de comunicación cada ciertos minutos, donde primeramente se tomó el tiempo con el Raspberry sin estado de reposo enviando datos cada 5 minutos, para luego activar el estado de suspensión con envío de datos cada 5 minutos, siguiendo con el envío del protocolo cada media hora y finalizando cada 1 hora, donde estos dos últimos igualmente estarán en estado de suspensión desde el momento que envían los datos al servidor, con el fin de comparar la variación de la duración de la batería a medida que disminuye la frecuencia de envío. Los resultados se pueden visualizar en la Tabla 3 la cual se puede ver en la sección de resultados.

Cabe mencionar que no se logró realizar el estudio con el estado de hibernación ya que solo se quiere saber cuánto es lo que dura la batería según la frecuencia de envío de datos, además que el Raspberry es el prototipo 1, por lo que no se necesita tener pruebas tan estrictas sabiendo que se va a cambiar el dispositivo ya que este es muy costoso para implementarlo en el ambiente hospitalario.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con lo desarrollado anteriormente, se obtuvieron resultados como figuras, tablas y gráficos, estos se mostrarán de acuerdo con el orden de la metodología.

La tabla 1 presenta la información de los APs que se encuentran en el edificio Hucke de la Universidad de Valparaíso, esta información debe ser ingresada a la base de datos para ser utilizada. Donde las coordenadas X e Y se obtuvieron usando un programa (IrfanView) donde se coloca la imagen del plano, la cual debe estar en 1000x1000 píxeles, y con el cursor del mouse manualmente se ubica donde se encuentra el AP para obtener los píxeles de las coordenadas.

Piso	Nombre	Dirección MAC	Sector	X	Y
1	AP 1.2	c4:72:95:65:8f:a0:	Pasillo sur - sala 102	682	595
1	AP 1.1	c4:72:95:80:d4:c0:	Pasillo sur - sala 105	241	595
1	EH	00:af:1f:b6:32:10:	Entrada Hucke	745	378
1	AU	c4:72:95:65:1f:60:	Auditorio	598	198
2	AP 2.1	c4:72:95:80:de:60:	Pasillo sur - sala 209	477	709
2	AP 2.2	c4:72:95:65:89:60:	Pasillo norte - sala 202	763	615
2	SUR 1	00:da:55:73:ad:10:	Pasillo sur - entre 206 y 207	142	652
2	FAB	08:96:ad:b7:c6:10:	FABLAB	567	223
2	SUR 2	00:af:1f:b6:32:60:	Pasillo sur - fuera FABLAB	780	257
2	NORTE 1	00:da:55:73:a4:70:	Pasillo norte - sala 204 y 205	238	257
2	NORTE 2	00:da:55:73:ae:60:	Pasillo norte - sala 201 y baño	137	498

3	AP 3.1	bc:c4:93:2e:99:a0:	Arriba ascensor	617	435
3	BS	b8:11:4b:2a:14:c0:	SIGEM	803	175
3	BP	c4:72:95:80:e5:90:	Pasillo escuela	275	178
3	INF 1	c4:72:95:80:d0:30:	Informática	677	710
3	INF 2	00:af:1f:b6:31:60:	Pasillo escuela informática	389	741
4	CIVIL 1	00:da:55:73:ac:00:	Escuela Civil	694	230
4	CIVIL 2	00:da:55:73:a6:b0:	Pasillo escuela civil	282	214
4	CONSTRU 1	00:da:55:73:ab:40:	Escuela constru	701	735
4	CONSTRU 2	00:da:55:73:a5:10:	Pasillo escuela constru	101	749
5	AP 5.1	c4:72:95:65:92:70:	Entre lab 501 y 502	493	601
5	DEC	00:da:55:73:af:d0:	Decanato	681	676
5	MAT 2	f0:9e:63:ad:e0:00:	Pasillo Escuela matemática	625	191
5	AP 5.2	00:da:55:30:95:20	Escuela matemática	324	193
5	FC	78:72:5d:59:12:60:	Informática, frente a CERTEMED	153	340

Tabla 1: Información levantada de los APs/routers del edificio Hucke.

## Estudio preliminar: Distancia

Primero se realizó la toma de datos para el piso 2 de dos APs, AP 2.1 y AP 2.2 como se visualiza en la Figura 1, cada 3 metros lo que obtuvo, mediante un código Python mencionado, una imagen del plano del piso 2 representando mediante un mapa de colores los datos, este se visualiza en la Figura 7.

Estudio distancia piso 2, AP 2.1 y 2.2

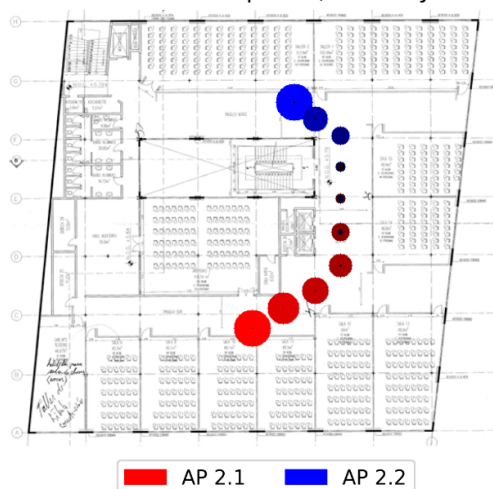


Figura 7: Resultado de valores de los RSSI de los APs en el piso 2.

Se muestra el efecto del RSSI de cada AP a medida que avanza, representado por el tamaño y la intensidad del color de los círculos, es decir, los círculos que son más grandes y a la vez son los más brillantes, es debido a que poseen el mayor RSSI indicando que están más cerca de su AP, por eso predomina un color mientras que el otro es un círculo diminuto debido a que su RSSI es menor ya que es del otro AP, mientras que los círculos que son opacos y de menor tamaño, como el cuarto y quinto círculo, es debido a que los RSSI de ambos APs en esas ubicaciones son similares, por lo que no predomina ningún color. Por lo tanto, si existe relación entre la distancia y el valor del RSSI que pertenece al AP de interés, a mayor distancia, menor es el RSSI, y viceversa.

Luego con el estudio realizado en el piso 2 y en el piso 3, realizando el mismo recorrido anterior en el piso 2 y se tratando de replicarlo en el piso 3, como se visualiza en la Figura 2, se obtuvieron las siguientes imágenes, cada uno con el mapa correspondiente al piso en el que se realizó la toma de datos, gracias al uso del código Python anteriormente usado.

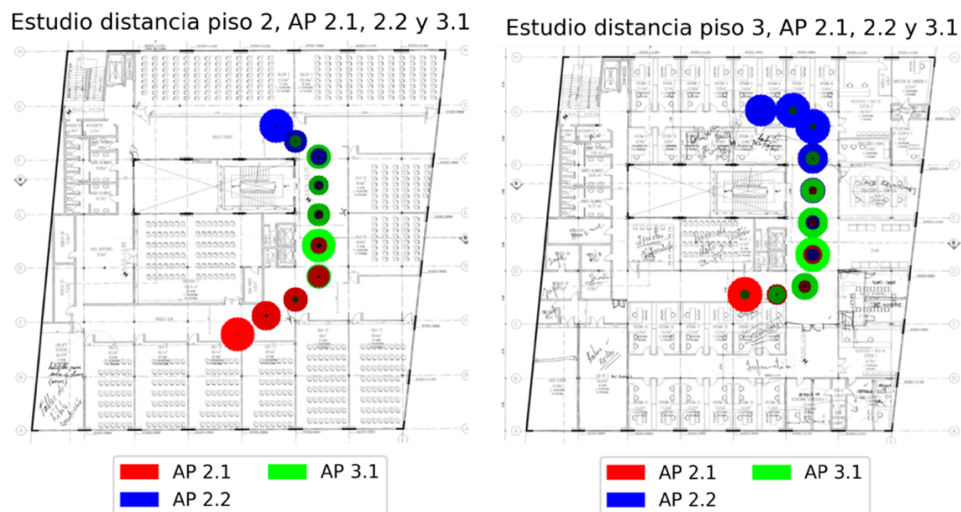


Figura 8: Resultado de valores de RSSI de los tres APs en piso 2, parte izquierda, y en piso 3, parte derecha.

Como se puede ver en la Figura 8, el comportamiento de la señal de los APs que pertenecen al piso 2 son más potentes cuando se tomaron los datos en el piso 2, parte izquierda, que cuando se tomaron en el piso 3, parte derecha, mientras que el AP que es del piso 3 tuvo un comportamiento inverso comparado a los APs del piso 2 en los dos casos. Entrando en más detalle, en el piso 2 la señal del AP 3.1 fue más notoria solo en los puntos que están debajo de este, ya que se está tomando los datos en un piso inferior al AP 3.1, mientras que los otros dos APs predominan en este piso, por otro lado, en el piso 3 la señal del AP 3.1 sobresale en este ya que pertenece a ese piso, en cambio los APs que son del piso 2 son más visibles en los puntos que están encima de ellos. Los rangos de valores del RSSI de cada AP en los dos pisos se muestra a continuación:

	Piso 2	Piso 3
AP 2.1	[-67, -32]	[-79, -63]
AP 2.2	[-65, -29]	[-79, -63]
AP 3.1	[-72, -56]	[-62, -38]

Tabla 2: Valores de la señal de cada AP en los pisos que se realizó el estudio.

## Estudio preliminar: Vidrio

El estudio que sigue es cuando existe una ventana de vidrio, el código toma datos cada 4 segundos y se ingresaban de manera automática al gráfico, como se menciona en la metodología se tomaron los 10 primeros minutos con la ventana abierta y los otros con la ventana cerrada, la Figura 9 es el resultado de este estudio.

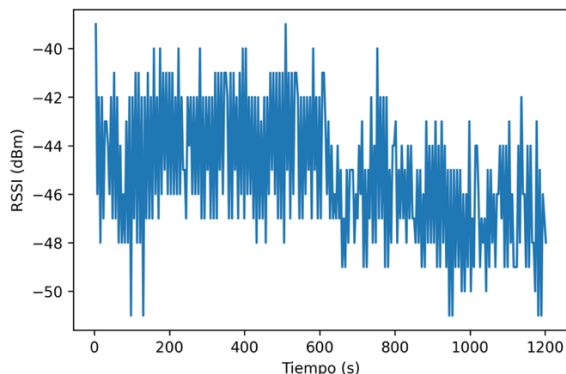


Figura 9: Gráfico de valores de RSSI del AP 2.2 vs tiempo cuando existe vidrio entre dispositivo y AP de interés.

Con lo obtenido en el estudio del comportamiento de la señal de un AP con la existencia de un vidrio se confirma que los valores del RSSI son menores cuando existe, es decir, que el vidrio hace efecto respecto a la intensidad de la señal que llega al dispositivo, donde este lo disminuye de -44 [dBm] a -47 [dBm] aproximadamente. Sumándole a este resultado, en el momento que se obtenían los datos, entre el vidrio y el AP se cruzó mucha gente en periodos cortos, pero se registró que entre los segundos 1100 a 1200 un grupo de personas se mantuvo cerca del AP, generando un poco de alteración en la señal, esto se avala con lo que mencionado anteriormente en la investigación [4].

### Raspberry Pi 3 B+

Para comprobar los resultados de lo realizado en el Raspberry en el código Python llamado **Escaneo Raspberry** cuya función principal es `scan_wifi_networks`, la cual es la encargada de realizar el escaneo, filtrar y ordenar el diccionario que contiene los datos obtenidos de los APs, ingresarlos al protocolo de comunicación, enviar al servidor de tagwifi el protocolo, emitir un sonido cuando envía los datos para finalmente entrar en estado de reposo en un tiempo que se puede ir modificando, esto se puede visualizar en la Figura 10, además se puede verificar que el envío de datos en la página web mediante el mapa, ya que hay una etiqueta que se ve la fecha de la última transmisión de datos, lo que significa para esta sección que el servidor recibe de manera correcta el protocolo de comunicación y se puede hacer el seguimiento de la última vez que transmitió, sumándole que la información que contiene el mapa igualmente se va cambiando en tiempo real según lo que envía el Raspberry.

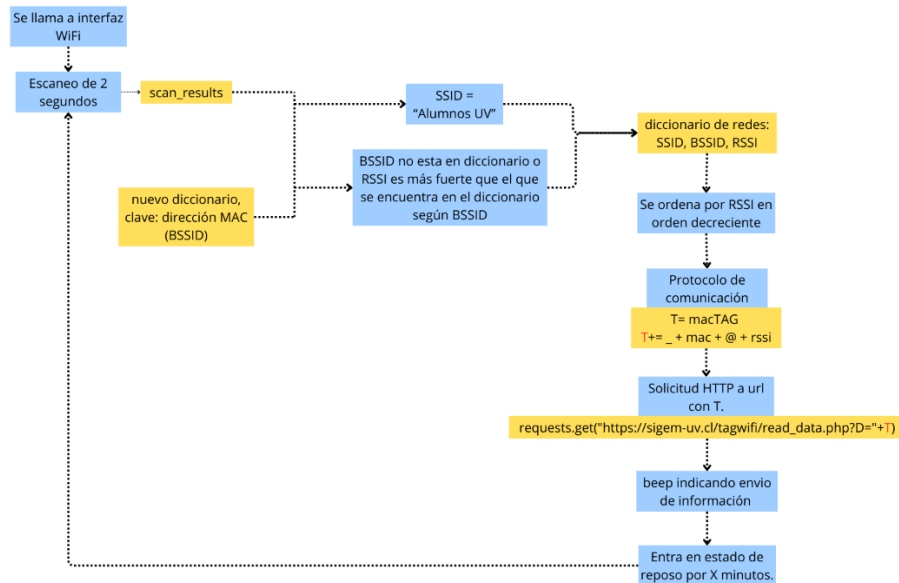


Figura 10: Esquema representando código de función de escaneo en Raspberry.

## Servidor

Primeramente, se mostrarán los resultados para validar las fórmulas de RSSI a distancia estimada y trilateración, para luego mostrar cómo se visualiza el servidor con las tres secciones: APs, TAG y Demo.

La prueba que se ve es acerca de comprobar y entender el método de trilateración, como se mencionó en la metodología se tomaron 3 APs del piso 3 y se ingresó manualmente la distancia, donde en la Figura 11 se visualiza en los círculos azules el nombre asociado al AP, y los datos que están a la derecha son la coordenada en X, coordenada en Y, y la distancia que se ingresa, que este último vendría siendo el tamaño del círculo.

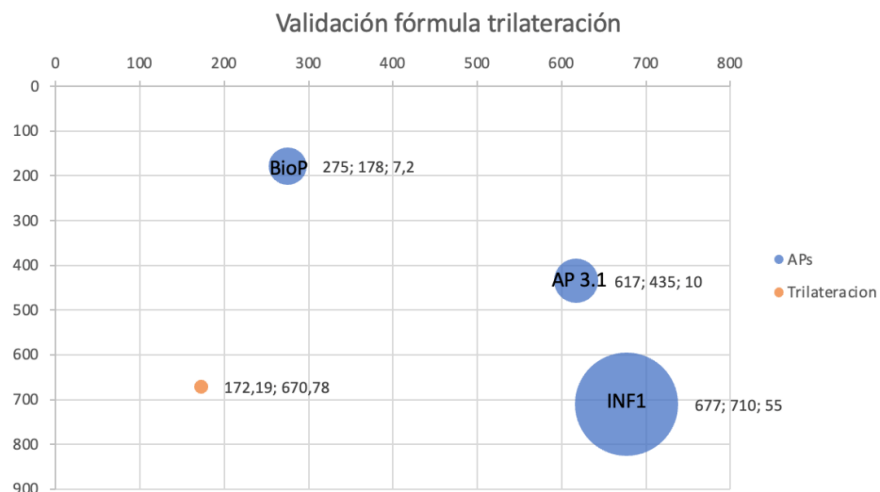


Figura 11: Gráfico de burbujas para validar trilateración.

Como se visualiza, los APs no se tocan, provocando que las coordenadas de trilateración no se posicionan cercano a BioP, ya que este sería el más próximo al dispositivo, debido a que la trilateración funciona cuando el dispositivo se encuentra dentro de un triángulo de router/antenas, que en este caso los APs no

generan estas formas entre ellas, por lo cual este método vendría siendo no ideal para la realidad del Hucke.

Por consiguiente, se muestran los resultados de las pruebas empíricas para obtener la distancia estimada, de la ecuación (1), donde se compara con la distancia real, obtenida mediante la ecuación (2), con el fin de ver el comportamiento de la distancia cuando se modifica el valor de  $n$ .

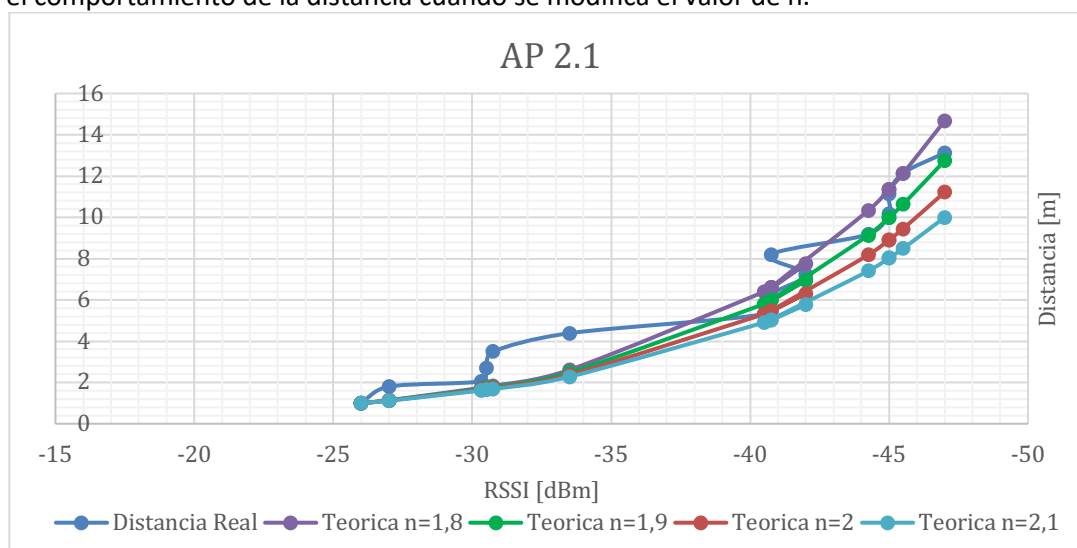


Figura 12: Gráfico de valores de RSSI del AP 2.1 vs distancia.

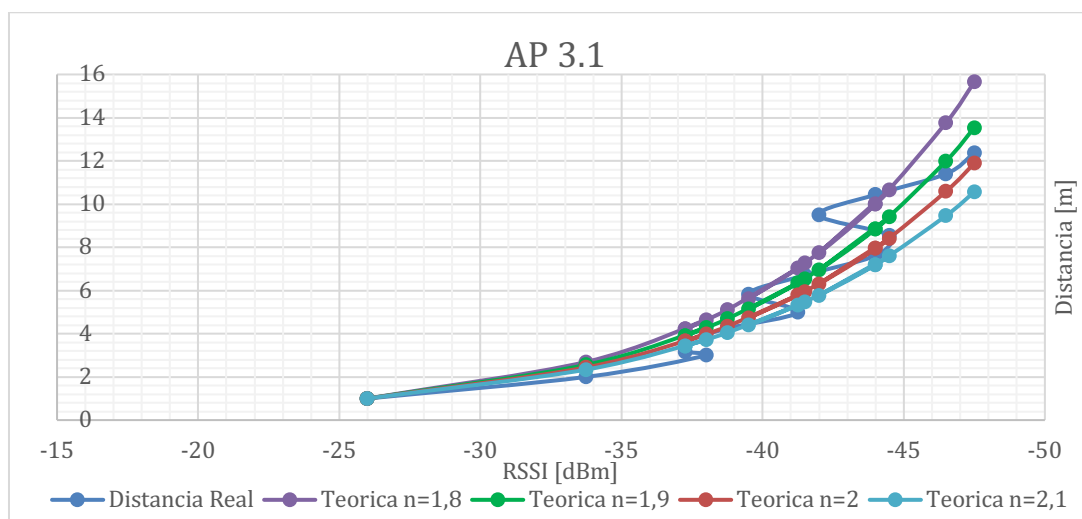


Figura 13: Gráfico de valores de RSSI del AP 3.1 vs distancia.

Con estos gráficos se puede inferir que el valor de  $n$  tiene un efecto significativo en la ecuación (1), ya que para el caso del AP 2.1 el  $n=1,9$  vendría siendo el apropiado, pero para el AP 3.1 sería el  $n=2$  el más apropiado ya que son los más cercanos al comportamiento de la distancia real. Cabe mencionar que los datos de la distancia real tienen un comportamiento no lineal porque la señal varía según el medio, como se mencionó anteriormente varía con el paso de personas y existencia de algún objeto entre el AP y el dispositivo, es por lo que el  $n$  que se usa, será 2 para el caso del Hucke.

A continuación, se mostrará lo desarrollado en la metodología para el servidor, es decir, lo que puede visualizar el usuario en la página web según su privilegio. Primeramente, los usuarios que poseen privilegio de Lector o Comentarador solo visualizarán el Demo TAG WiFi cuando ingresen al módulo, el cual lo pueden ver en Anexo 17, y el mapa lo visualizan como en el Anexo 18. Mientras que los usuarios que tienen privilegio de Administrador o Editor pueden acceder a las configuraciones, TAG y AP, ya que ellos pueden modificar la información técnica, además de visualizar el Demo TAG WiFi, Anexo 19, por lo cual aparecen en la barra estas pestañas para dirigir a la página que desean, estas configuraciones las pueden ver en los Anexos 20, 21, 22 y 23, las cuales cuando se ingresa o modifica información a la tabla correspondiente, aparece un mensaje indicando que la acción fue exitosa, donde en Anexo 24 se visualiza que se ingresa a la tabla LOC\_AP la información, y en Anexo 25 se ve la tabla SIGEM\_Inventario que se ingresa la información a la columna Direccion\_MAC\_TAG correctamente según el inventario seleccionado. Por otro lado, a modo de recordar, existe una sección oculta del servidor donde se ingresa información a la tabla LOC\_Historial\_TAG de manera automática cada vez que llega el protocolo de comunicación al servidor, los datos trabajados quedan registrados de manera exitosa, se puede visualizar en Anexo 26 la información en la tabla, donde en algunos aparece coordenadas (-1,-1) que significa que no habían 3 APs disponibles para realizar trilateración.

## Consumo de batería

Según lo mencionado en la metodología de esta sección, los resultados de las pruebas empíricas para las tres pruebas que se hicieron con el Raspberry conectado a la batería externa son los siguientes:

	Duración
<b>Normal</b>	1 hora, 15 minutos
<b>Suspensión cada 5 minutos</b>	3 horas, 15 minutos
<b>Suspensión cada media hora</b>	4 horas, 5 minutos
<b>Suspensión cada una hora</b>	5 horas, 5 minutos

Tabla 3: Resultados de las pruebas empíricas del Raspberry conectado a una batería externa.

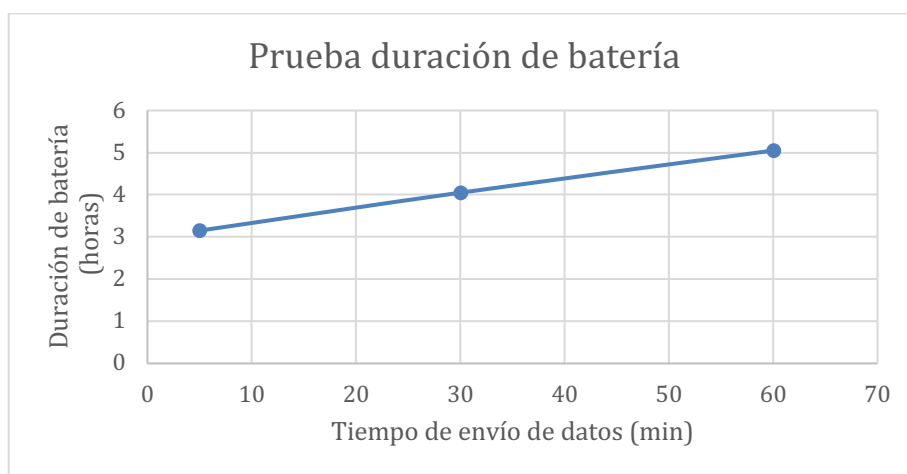


Figura 14: Gráfico de duración de la batería vs tiempo de envío de datos en estado de suspensión.

Cabe mencionar que no se desactivaron los periféricos que posee el Raspberry, es decir, las entradas USB, HDMI y Bluetooth, ya que, como se mencionó en la sección de metodología, el Raspberry es el prototipo 1 para la localización activa, por lo que se busca en esta sección es verificar que la disminución en la frecuencia de envío de datos afecta en la duración de la batería, y por lo que se visualiza en la Figura 14 si

hay un aumento de casi una hora respecto a la duración de la batería a medida que el tiempo de envío de datos aumenta.

Para cerrar esta sección, al ver los resultados en conjunto, el sistema desarrollado funciona de manera correcta ya que se visualiza en el mapa los cambios en tiempo real, ya sea de los Hotspot que se activan y el piso en el cual se encuentra, además de que las configuraciones de AP y TAG ingresan y modifican la base de datos de manera correcta, donde a modo de recordar la configuración del TAG pertenece a GDEM ya que este debe ser una orden de servicio cuando exista algún problema con el TAG. Por otro lado, el método seleccionado para la localización en interiores, trilateración, no fue el correcto en el edificio que se implementó, esto es debido a la posición de los APs en cada piso ya que estos no forman un triángulo entre ellos, puede verse en Anexos 27, 28, 29, 30 y 31, es por lo que el icono representativo de la ubicación del TAG se posiciona en lugares que no son cercanos a este, dando un radio que abarca aproximadamente 15 metros. Con esto, sirve de aprendizaje para la siguiente generación, ya que este proyecto es el inicio del módulo de TAG WiFi, por lo que se diseñó e implemento este dentro de LocDEM, demandando más tiempo para desarrollarlo, por lo cual la trilateración se consideraba el método más fácil de implementar.

## 4. CONCLUSIÓN

El objetivo planteado de este proyecto fue diseñar y desarrollar un sistema con la tecnología 'TAG WiFi' para localizar equipos y dispositivos médicos en un recinto cerrado. Para esto, se analizó la tecnología seleccionada y se identificó el método a implementar para desarrollar el TAG, por otro lado, se diseñó el módulo de DEMO TAG WiFi dentro de LocDEM según lo necesario para que el personal clínico pueda usarlo y visualizar de manera simple la información respecto a la ubicación del equipo médico en tiempo real.

Con esta propuesta se busca dar solución a la problemática que viven las instituciones prestadoras de salud en cuanto a la pérdida de tiempo de las enfermeras respecto a la búsqueda del equipamiento, provocando la imposibilidad de contar con el equipo correcto para brindar una atención oportuna al paciente, causando retraso en las mantenciones de estos, lo que ocasiona costos adicionales para la entidad prestadora de salud.

Con lo mencionado anteriormente, contar con un dispositivo, el cual debe estar unido al equipo o dispositivo médico, que permita identificar el piso y ubicación aproximada en tiempo real del equipamiento médico de interés es beneficioso para el establecimiento, ya que proporciona un mayor control de los activos lo cual permite una optimización en el tiempo de búsqueda de estos. Esto generaría un gran impacto en los establecimientos de salud públicos, ya que SIGEM-UV está siendo desarrollado para ser un sistema sin fines de lucro e innovador para este tipo de establecimientos, igualmente poder llegar a más público, para entregar herramientas digitales que automaticen ciertos procesos, es por esto que este proyecto se desarrolló dentro del módulo de LocDEM, localización de dispositivos y equipos médicos, ya que la información va a estar disponible para quien lo requiera, y para este proyecto visualizar en tiempo real la ubicación del equipamiento. Además, este sistema tiene potencial, ya que se podría evitar robos y pérdidas de los equipos médicos, contribuyendo a disminuir costos, como las bombas de infusión, ya que estas tienen un tamaño pequeño por lo cual es muy fácil de perderlos o que se lo roben.

Como futuro trabajo es relevante cambiar el método de trilateración para la localización activa mediante WiFi al método fingerprinting, ya que posee una mayor precisión en cuanto a la posición en el que se encontraría el TAG por el motivo que este hace un escaneo previo donde registra las coordenadas X e Y

---

del TAG pertenecientes al mapa de un piso junto con el valor de RSSI de cada AP identificado en el momento del escaneo, esto lo debe realizar cada ciertos metros y en cada piso, igualmente se utilizaría el RSSI como parámetro importante, por lo cual se debería crear una nueva tabla en la base de datos para guardar estos datos, lo cual vendría siendo la base para comparar con los datos que se obtienen en tiempo real y así dar una ubicación más exacta.

Otro aspecto importante por considerar próximamente es acerca de cambiar el dispositivo el cual sería el TAG a uno de menor valor y más pequeño, se conversó con algunos expertos y se dio a conocer que existe una placa con microcontrolador que posee WiFi cuyo nombre es ESP32, en el mercado tiene un precio de \$8.990 CLP [11], siendo mucho más barato que el Raspberry Pi 3 B+, el cual tiene un valor de \$58.990 CLP [12], la diferencia importante entre ellos, además de su costo, es el lenguaje de programación, ya que el ESP32 posee la capacidad de trabajar con Arduino IDE, pero igualmente puede programar en MicroPython y LUA [13], además del tamaño entre ellos, siendo el ESP32 mucho más pequeño por lo cual sería ideal para poder utilizarlo con equipos o dispositivos médicos de menor tamaño donde sería más fácil de instalarlo.

Finalmente, el último aspecto es poder obtener más dispositivos (TAGs) para que el módulo de visualización se encuentren todos los TAGs activos por piso, esto es para que el personal clínico pueda ver la cantidad de equipamiento del cual son los encargados y saber en qué lugar de su unidad se encuentra, por si aparece alguna emergencia, sepan donde recurrir a encontrarlo de manera más rápida.

En conclusión, se espera que este sistema siga en desarrollo constante, agregando funciones que sean requeridas para Ingenieros Civiles Biomédicos encargados de la gestión de equipamiento dentro de las instituciones prestadoras de salud, y además para el personal clínico que requiera la información de manera remota.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S.Navarro, “Diseño e implementación de un sistema de identificación y localización de equipos médicos para instituciones prestadoras de salud: LocEM”, trabajo de título, Facultad de Ingeniería, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile, 2022. Disponible en: <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/handle/uvsc1/12504> [Accedido:01-sept- 2023]
- [2] L. Concha, D. Quijada, D. Chirinos, “Detienen a banda de colombianos que robó equipos médicos de alta tecnología”, 24 horas, 2016. Disponible en: <https://www.24horas.cl/nacional/detienen-a-banda-de-colombianos-que-robo-equipos-medicos-de-alta-tecnologia-1934000> [Accedido: 02-nov-2023]
- [3] F. Crizul, G.Gómez, “Localización en interiores utilizando infraestructura de Internet de las Cosas”, Proyecto de Grado, Universidad de la República de Uruguay, Montevideo, Uruguay, 2021.
- [4] Y. Sasiwat<sup>1</sup>, D. Buranapanichkit, K. Chetpattananondh, K. Sengchua, N. Jindapetc, A. Booranawong, “Human movement effects on the performance of the RSSI-based trilateration method: adaptive filters for distance compensation”, Journal of Reliable Intelligent Environments, vol 6, pp. 67-78, Diciembre 2019.
- [5] “Compara Software Blog: Que es el modelo incremental”. Disponible en: <https://blog.comparasoftware.com/que-es-el-modelo-incremental/> [Accedido: 02-dic-2023]
- [6] Santander Open Academy: Metodologías de desarrollo de software: ¿qué son?. Disponible en: <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/metodologias-desarrollo-software.html> [Accedido: 02-dic-2023]
- [7] “Github: A cross-platform module for manipulating WiFi devices”. Disponible en: <https://github.com/awkman/pywifi/tree/master>. [Accedido: 20-agost-2023]
- [8] “Youtube: Auto run any script on startup for Raspberry Pi 4”. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=wVPAHI9on0o>. [Accedido: 02-oct-2023]
- [9] N. Vara, G. A. Poletto, M.I Cáceres, A. J. Busso, “Cálculo de distancia entre los nodos de una red inalámbrica ZigBee en función del parámetro RSSI”, Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica – claves para el desarrollo, vol. 2, pp. 8-13, Junio 2016.
- [10] Oguejiofor O.S., Okorogu V.N., Adewale Abe, Osuesu B.O, “Outdoor Localization System Using RSSI Measurement of Wireless Sensor Network”, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), vol. 2, Enero 2013.
- [11] “MCI Electronics: Tarjeta de Desarrollo de ESP-32”. Disponible en: <https://mcielectronics.cl/shop/product/tarjeta-de-desarrollo-de-esp-32-esp32-29541/>. [Accedido: 10-dic-2023]
- [12] “Raspberry Pi CL: Raspberry Pi 3 Modelo B+”. Disponible en: <https://raspberrypi.cl/producto/raspberry-pi-3-modelo-b/>. [Accedido: 10-dic-2023]
- [13] “Programador novato: ESP32 ¿Qué es y para qué sirve?”. Disponible en: <https://www.programadornovato.com/esp32-que-es-y-para-que-sirve/>. [Accedido: 10-dic-2023]

## 6. ANEXOS

### 6.1. Anexo 1: Planificación Inicial.

Objetivo Específico	Actividades	Hito	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.- Realizar estudios preliminares del comportamiento de la potencia de la señal de los puntos de acceso según distancias, pisos, existencia de vidrios y/o muros dentro del recinto.	Estudio de herramientas junto con metodología a usar.																					
	Visualizar nombres, identificación y potencia de señal de puntos de acceso disponibles en computador.																					
	Identificar 2 AP del mismo piso para localizar mediante la variación de potencia de señal y su distancia.																					
	Identificar 3 AP, 2 del mismo piso y el otro del piso inferior para localizar mediante la variación de potencia de la señal y su distancia.																					
	Guardar información (nombre de señal, ID) de puntos de acceso del edificio por piso en computador.																					
	Realizar estudios preliminares de intensidades de la señal de los puntos de acceso (distancia, altura, vidrio, muros).																					
2.- Desarrollar algoritmo de escaneo y estimación de posición mediante Python en un recinto cerrado para uso en computador.	Realizar código Python de trilateración dentro del recinto.																					
	Comunicación con servidor.																					
3.- Implementar protocolo de comunicación y modulo de visualización en el servidor.	Visualización en servidor.																					
	Prueba piloto de computador.	Intermedio																				
4.- Realizar pruebas piloto de prototipo en Raspberry dentro del recinto, incluyendo el consumo energético.	Implementación de código en Raspberry.																					
	Pruebas piloto de algoritmo en Raspberry.																					
	Estudio de consumo de alimentación.																					
	Prueba piloto en hospital.																					
	Documentación como manuales.	Final																				

### 6.2. Anexo 2: Planificación de actividades actualizadas.

Objetivo Específico	Actividades	Hito	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.- Realizar estudios preliminares del comportamiento de la potencia de la señal de los puntos de acceso según distancias, pisos, existencia de vidrios y/o muros dentro del recinto.	Estudio de herramientas junto con metodología a usar.		x																			
	Visualizar nombres, identificación y potencia de señal de puntos de acceso disponibles en computador y Raspberry.		x	x																		
	Realizar estudios preliminares de intensidades de la señal de los puntos de acceso (distancia, altura, vidrio, muros).		x																			
	Guardar información de puntos de acceso del edificio por piso en archivo de texto.				x																	
2.- Desarrollar algoritmo de escaneo mediante Python en un recinto cerrado para uso en computador.	Realizar código Python de escaneo de puntos de acceso o routers dentro del recinto para Raspberry.					x	x	x														
3.- Implementar protocolo de comunicación y modulo de visualización en el servidor.	Comunicación con servidor.									x												
	Visualización en servidor.									x	x	x										
	Prueba piloto por transmisión.	Intermedio												x								
4.- Perfeccionar modulo del servidor	Conexión a base de datos para registros.																					
	Perfeccionar modalidades de visualización, con/sin estimación de localización.																			x	x	
5.- Evaluar rendimiento de batería.	Estudio de consumo de alimentación.																					x
	Prueba piloto con Raspberry conectado a batería.	Final																				x

### 6.3. Anexo 3: Código de Escaneo de redes en computador.

#### Escaneo de redes

```
import pywifi
import time
```

```
## FUNCIÓN DE ESCANEO DE REDES WIFI
```

```
def escan_wifi():
```

```
    wifi = pywifi.PyWiFi() #iniciando el wifi
```

```
    iface = wifi.interfaces()[0] # primera interfaz WiFi disponible
```

```
    iface.scan() #activa la interfaz para escanear las redes WiFi cercanas
```

```
    scan_results = iface.scan_results() # entrega el resultado del escaneo
```

---

```

unicas_redes = {} # diccionario vacío para almacenar redes únicas por BSSID

for network in scan_results:
    bssid = network.bssid # dirección MAC de la red
    if bssid not in unicas_redes:
        unicas_redes[bssid] = network
return list(unicas_redes.values()) # Convierte el diccionario a una lista de redes únicas

print("Redes WiFi disponibles cercanas (ordenadas por nivel de señal):")
while True:
    networks = escan_wifi() # usa funcion de escaneo
    redes_ordenadas = sorted(networks, key=lambda x: x.signal, reverse=True) # Ordena señal de
    forma descendente

    i=0
    for network in redes_ordenadas:
        ssid = network.ssid
        if ssid=="Alumnos UV":
            bssid = network.bssid
            signal_strength = network.signal
            # if bssid in redes:
            #     nombre=redes[bssid]
            # else:
            #     nombre="?"

            print(f" SSID: {ssid}, BSSID: {bssid}, Señal: {signal_strength} dBm")

    print("\nActualizando en 5 segundos...\n")
    time.sleep(5)

```

---

## 6.4. Anexo 4: Código Python de Estudio preliminar de distancia.

### Estudio preliminar círculos

---

```

import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.patches import Patch

background = cv2.imread('piso 2.png') #cargar mapa

# Definir las fuentes de datos para la Fuente 1 (azules) coordenadas (x, y) e intensidad en dBm
data_points_fuente1 = [(340, 110, -29),
                       (365, 130, -40),
                       (395, 150, -47),
                       (395, 187, -55),
                       (395, 225, -57),
                       (395, 265, -59),
                       (395, 305, -63),
                       (365, 335, -66),
                       (327, 356, -67),
                       (290, 380, -65)]

# Definir las fuentes de datos para la Fuente 2 (rojos), coordenadas (x, y) e intensidad en dBm
data_points_fuente2 = [(340, 110, -64),
                       (365, 130, -65),
                       (395, 150, -67),
                       (395, 187, -62),

```

---

```
(395, 225, -57),
(395, 265, -48),
(395, 305, -44),
(365, 335, -40),
(327, 356, -36),
(290, 380, -32)]

# Función para calcular la intensidad de color en función de la intensidad en dBm
def calcular_intensidad_color(intensidad_dbm, intensidad_minima_dbm, intensidad_maxima_dbm):
    intensidad_dbm = max(intensidad_dbm, intensidad_minima_dbm) #verifica si intensidad_dbm es
    mayor que intensidad minima
    intensidad_dbm = min(intensidad_dbm, intensidad_maxima_dbm) #verifica si intensidad_dbm es
    menor que intensidad maxima

    # Normalizar la intensidad en dBm al rango [0, 1]
    intensidad_normalizada = (intensidad_dbm - intensidad_minima_dbm) / (intensidad_maxima_dbm
    - intensidad_minima_dbm)

    return intensidad_normalizada

# Crear una lista de círculos para ambas fuentes
circles = []

# Crear el mapa de calor para la Fuente 1 (azules)
for x, y, intensidad_dbm in data_points_fuente1:
    radius = int(22* calcular_intensidad_color(intensidad_dbm, -65, -29)) # Ajustar el tamaño
    del círculo según la intensidad
    color = (int(255 * calcular_intensidad_color(intensidad_dbm, -65, -29)), 0, 0) # Azul
    circles.append((x, y, radius, color))

# Crear el mapa de calor para la Fuente 2 (rojos)
for x, y, intensidad_dbm in data_points_fuente2:
    radius = int(22 * calcular_intensidad_color(intensidad_dbm, -67, -32)) # Ajustar el tamaño
    del círculo según la intensidad
    color = (0, 0, int(255 * calcular_intensidad_color(intensidad_dbm, -67, -32))) # Rojo
    circles.append((x, y, radius, color))

# Ordenar los círculos por radio de mayor a menor y luego por intensidad de color de menor a
    mayor
circles.sort(key=lambda x: (x[2], -x[3][2]), reverse=True)

# Dibujar los círculos en el fondo en el orden correcto
for x, y, radius, color in circles:
    cv2.circle(background, (x, y), radius, color, -1)

# Normalizar los valores de color al rango [0, 1]
normalized_color_mapping = {(1, 0, 0): "AP 2.1", (0, 0, 1): "AP 2.2"}

# Crear leyenda con colores y etiquetas
legend_elements = [Patch(color=color, label=label) for color, label in
    normalized_color_mapping.items()]

# Mostrar el mapa de calor
plt.imshow(cv2.cvtColor(background, cv2.COLOR_BGR2RGB))
plt.axis('off') # Ocultar ejes
plt.title("Estudio distancia piso 2, AP 2.1 y 2.2")
plt.legend(handles=legend_elements, loc="upper left", bbox_to_anchor=(0.2, -0.01), ncol=2)
plt.show()
```

---

## 6.5. Anexo 5: Código Python de Estudio de vidrio.

### Estudio vidrio

---

```
import time
import matplotlib.pyplot as plt
import pywifi

# Función para obtener la RSSI actual dada una dirección MAC
wifi = pywifi.PyWiFi()
iface = wifi.interfaces()[0] # Selecciona la primera interfaz Wi-Fi

def obtener_rssi(mac_address):

    iface.scan() # Escanear las redes disponibles
    time.sleep(4) # Esperar un momento para obtener resultados

    for scan_result in iface.scan_results():
        if scan_result.bssid == mac_address:
            return scan_result.signal

    return None

# Configuración inicial de la gráfica
plt.ion()
fig, ax = plt.subplots()
ax.set_xlabel("Tiempo (s)")
ax.set_ylabel("RSSI (dBm)")
line, = ax.plot([], [])
rssi_data = []
time_data = []

# Dirección MAC del router Wi-Fi que deseas monitorear
mac_address = "c4:72:95:65:89:60:"

# Duración de la grabación en segundos (aprox. 30 minutos)
duracion_segundos = 20 * 60
tiempo_inicial = time.time()

# Bucle para actualizar la gráfica en tiempo real
while time.time() - tiempo_inicial < duracion_segundos:
    rssi = obtener_rssi(mac_address)
    if rssi is not None:
        rssi_data.append(rssi)
        time_data.append(time.time() - tiempo_inicial)
        line.set_data(time_data, rssi_data)
        ax.relim()
        ax.autoscale_view()
```

---

## 6.6. Anexo 6: Código Python de Escaneo en Raspberry.

### bssid\_rssi.py

---

```
import time
import pywifi
from pywifi import const
import requests
import datetime
import RPi.GPIO as GPIO
import subprocess
```

```

### BUZZER PARA AVISAR ENCENDIDO ###
GPIO.setwarnings(False)
pin = 3
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setup(pin, GPIO.OUT)
def beep(p, c, d):
    for i in range(c):
        GPIO.output(p, GPIO.HIGH)
        time.sleep(d)
        GPIO.output(pin, GPIO.LOW)
        time.sleep(d)

beep(pin, 2, 0.05)

## direccion MAC del Raspberry
def obtener_direccion_mac(interface):
    try:
        direccion_mac = open('/sys/class/net/{}/address'.format(interface)).read()
    except FileNotFoundError:
        direccion_mac = "No se pudo obtener la dirección MAC"
    return direccion_mac

##codigo que entra en reposo durante 5 minutos al raspberry
def sleep_mode():
    print("Estado de reposo..")
    subprocess.run(["sudo", "systemctl", "suspend"])
    time.sleep(300)
    print("Despertando luego de 5 minutos en suspensión..")

interfaz = 'wlan0'
direccion_mac = obtener_direccion_mac(interfaz)

def scan_wifi_networks():
    wifi = pywifi.PyWiFi()
    iface = wifi.interfaces()[0]

    while True:
        iface.scan()
        time.sleep(2) #escaneo de 2 segundos
        scan_results = iface.scan_results()

        # Crear un diccionario para almacenar las redes por dirección MAC
        networks_by_mac = {}
        for network in scan_results:
            if network.ssid == "Alumnos UV":
                if network.bssid not in networks_by_mac or network.signal >
networks_by_mac[network.bssid][2]:
                    networks_by_mac[network.bssid] = (network.ssid, network.bssid,
network.signal)

        filtered_networks = list(networks_by_mac.values())
        if filtered_networks:
            # Ordenar la lista por RSSI en orden decreciente
            filtered_networks.sort(key=lambda x: x[2], reverse=True)

            print("Redes encontradas con nombre 'Alumnos UV':")

            T= direccion_mac + ""
            for ssid, mac, rssi in filtered_networks:

```

```

    T+= "_" + mac + "@" + str(rssi)
    T=T.replace("\n","")
    print(T)

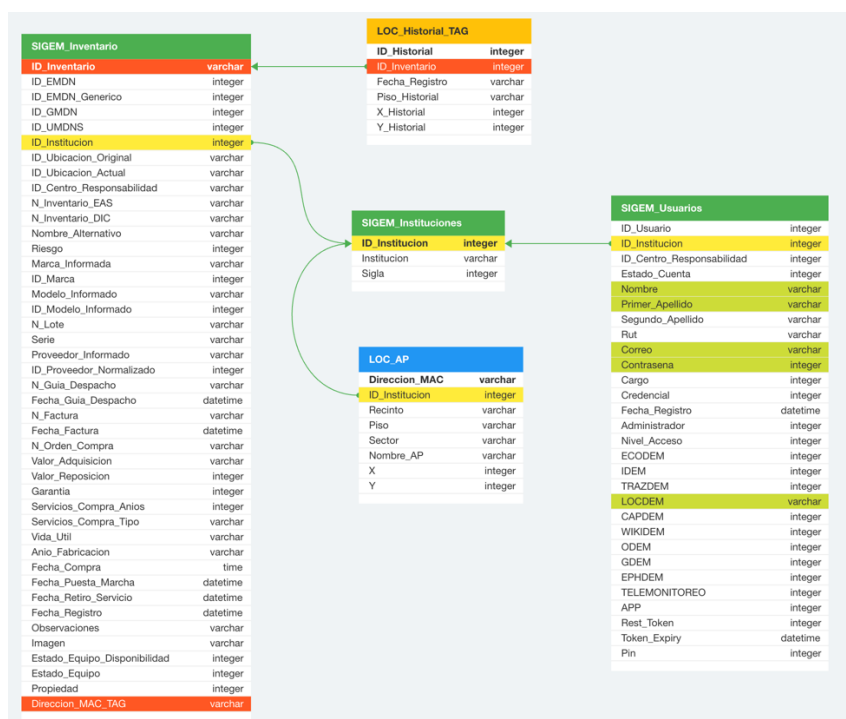
    x= requests.get("https://sigem-uv.cl/tagwifi/read_data.php?D="+T)

    print(x.status_code)
    print("\nEntrando a modo de reposo por 5 minutos...\n")
    beep(pin, 2, 0.05)
    sleep_mode() #Despues de enviar los datos, entra en estado de reposo.

if __name__ == "__main__":
    scan_wifi_networks()

```

## 6.7. Anexo 7: Tablas utilizadas de la base de datos.



## 6.8. Anexo 8: Código PHP para ingreso de datos a LOC\_Historial\_TAG.

### read\_data.php

```

<?php
$data=$_GET["D"];
$fecha = date('d/m/Y H:i:s', time());
file_put_contents("data.csv", $fecha."_".$data."\n"); // FILE_APPEND | LOCK_EX);
echo "Carga ok";

function LeerRaspberry($data) {
    $linea = $data;
    $ap_datos = explode('_', $linea); // Se separa por AP
    $datosOrdenados = []; // almacenar datos ordenados por RSSI

    for ($i = 2; $i < count($ap_datos); $i++) {
        $ap_info = explode('@', $ap_datos[$i]); // Se separa la info de cada AP
    }
}

```

```

        $mac = $ap_info[0];
        $rssi = $ap_info[1];
        $datosOrdenados[] = array('mac' => $mac, 'rssi' => $rssi);
    }
    // Ordenar el array por RSSI de forma descendente
    usort($datosOrdenados, function ($a, $b) {
        return $b['rssi'] - $a['rssi'];
    });
    // Agregar la fecha y la dirección MAC del Raspberry al array de salida
    $datos = array('fecha' => $ap_datos[0], 'direccion_MAC_TAG' => $ap_datos[1], 'APs' =>
    $datosOrdenados);

    return $datos;
}

function calcularPisoMasRepetido($datosAPs) {
    // Filtrar APs disponibles con RSSI no nulo
    $APsDisponibles = array_filter($datosAPs, function ($ap) {
        return $ap['rssi'] !== null;
    });

    // Inicializar variables para el piso más repetido y su frecuencia máxima
    $pisoMasRepetido = null;
    $frecuenciaMaxima = 0;

    // Contar la frecuencia de cada piso y encontrar el piso con la frecuencia máxima
    foreach ($APsDisponibles as $ap) {
        $piso = $ap['Piso'];
        if (!isset($frecuenciaPorPiso[$piso])) {
            $frecuenciaPorPiso[$piso] = 0;
        }
        $frecuenciaPorPiso[$piso]++;

        // Si el RSSI actual es mayor que el registrado para este piso, actualizarlo
        if ($ap['rssi'] > $rssiMaximoPorPiso[$piso]) {
            $rssiMaximoPorPiso[$piso] = $ap['rssi'];
        }

        // Si la frecuencia actual es mayor que la máxima registrada, actualizar el piso más
        repetido
        if ($frecuenciaPorPiso[$piso] > $frecuenciaMaxima || ($frecuenciaPorPiso[$piso] ==
        $frecuenciaMaxima && $rssiMaximoPorPiso[$piso] > $rssiMaximoPorPiso[$pisoMasRepetido])) {
            $frecuenciaMaxima = $frecuenciaPorPiso[$piso];
            $pisoMasRepetido = $piso;
        }
    }

    return $pisoMasRepetido;
}

function DistanciaRSSI($rssi, $txPower, $n) {
    // $rssi: RSSI medido
    // $txPower: RSSI a 1 metro de distancia
    // $n: Factor de atenuación del camino (generalmente entre 2 y 4)
    $distance = pow(10, (($txPower - $rssi) / (10 * $n)));
    return $distance;
}

function trilateration(&$datosAPs, &$pisoMasRepetido) {
    $selectedAPs = array();

```

```

$txPower = -26; // a 1 metro
$n = 2;

// Filtrar APs por piso más repetido y que tengan RSSI
$filteredAPs = array_filter($datosAPs, function ($ap) use ($pisoMasRepetido) {
    return $ap['Piso'] == $pisoMasRepetido && $ap['rssi'] != null;
});

// Selecciona tres APs disponibles con mejor señal (RSSI)
foreach ($filteredAPs as $mac => $ap) {
    $dist = DistanciaRSSI($ap['rssi'], $txPower, $n);
    $ap['distancia'] = $dist; // se guarda la distancia calculada al ap correspondiente
    $selectedAPs[$mac] = $ap; // info del ap seleccionado se guarda en ese array
    if (count($selectedAPs) == 3) {
        break;
    }
}
if (count($selectedAPs) < 3) {
    return ['x' => -1, 'y' => -1]; // retorna -1 si no hay mínimo 3
}
$keys = array_keys($selectedAPs);

$AP1 = $selectedAPs[$keys[0]];
$AP2 = $selectedAPs[$keys[1]];
$AP3 = $selectedAPs[$keys[2]];
$X1 = $AP1['X'];
$Y1 = $AP1['Y'];
$X2 = $AP2['X'];
$Y2 = $AP2['Y'];
$X3 = $AP3['X'];
$Y3 = $AP3['Y'];

$Va = ($AP2['distancia'] ** 2 - $AP3['distancia'] ** 2 - $X2 ** 2 + $X3 ** 2 -
$Y2 ** 2 + $Y3 ** 2)/2;
$Vb = ($AP2['distancia'] ** 2 - $AP1['distancia'] ** 2 - $X2 ** 2 + $X1 ** 2 -
$Y2 ** 2 + $Y1 ** 2)/2;

$y = ($Vb*($X3 - $X2) - $Va*($X1 - $X2))/((($Y1 - $Y2)*($X3 - $X2) - ($Y3 -
$Y2)*($X1 - $X2));
$x = ($Va - $y*($Y3 - $Y2))/($X3 - $X2);

return ['x' => $x, 'y' => $y];
}

$s=file_get_contents("data.csv");
$datos = LeerRaspberry($s);
$macRaspberry = $datos['direccion_MAC_TAG'];

$conn = new mysqli('localhost', 'csi84990_sigem', 'N2$nsnt15k$0', 'csi84990_BD_SIGEM_UV');
if ($conn->connect_error) {die("<br><br>Conexión fallida: " . $conn->connect_error);}

// Consultar la base de datos para obtener la ID_Inventario asociada a la Direccion_MAC_TAG del
Raspberry
$sql = "SELECT ID_Inventario, ID_Institucion FROM SIGEM_Inventario WHERE Direccion_MAC_TAG =
'$macRaspberry'";
$result = $conn->query($sql);
if ($result === false) { die("<br><br>Error al ejecutar la consulta: " . $conn->error);}

if ($result->num_rows > 0) {
    // Obtener la ID_Inventario e ID_Institucion

```

---

```

$row = $result->fetch_assoc();
$idInventario = $row["ID_Inventario"];
$idInstitucion = $row["ID_Institucion"];

    // Consultar la base de datos para obtener las direcciones MAC y pisos asociados
a la ID_Institucion
    $sqlAP = "SELECT Direccion_MAC, Piso, X, Y FROM LOC_AP WHERE ID_Institucion =
'$idInstitucion'";
    $resultAP = $conn->query($sqlAP);

    $datosAPs = []; // guardar la información desde LOC_AP de la institucion segun
direccion mac, con el fin de rellenarlo con raspberry

    while ($rowAP = $resultAP->fetch_assoc()) {
        $datosAPs[$rowAP['Direccion_MAC']] = [
            'Piso' => $rowAP['Piso'],
            'rssi' => null,
            'X' => $rowAP['X'],
            'Y' => $rowAP['Y']
        ];
    }
    // Actualizar los RSSI para las direcciones MAC coincidentes con los APs del Raspberry
    foreach ($datos['APs'] as $ap) { // $datos['APs'] son los MAC y su RSSI desde raspberry
        $macAP = $ap['mac'];
        if (isset($datosAPs[$macAP])) {
            $datosAPs[$macAP]['rssi'] = $ap['rssi']; //guarda en $datosAPs el RSSI segun la
direccion MAC de la base de datos
        }
    }

    $pisoMasRepetido = calcularPisoMasRepetido($datosAPs); // Calcular el piso más repetido

    $coordenadas = trilateration($datosAPs, $pisoMasRepetido); // Aplicar la trilateración para
obtener las coordenadas (x, y)

    // Insertar los datos en la tabla LOC_Historial_TAG
    $sqlInsert = "INSERT INTO LOC_Historial_TAG (ID_Inventario, Fecha_Registro,
Piso_Historial, X_Historial, Y_Historial) VALUES ('$idInventario', '$fecha', '$pisoMasRepetido',
'{$coordenadas['x']}', '{$coordenadas['y']}')";
    if ($conn->query($sqlInsert) === TRUE) {
        echo "<br><br>Datos insertados correctamente en la tabla
LOC_Historial_TAG.\n";
    } else {
        echo "<br><br>Error al insertar datos en la tabla LOC_Historial_TAG: " .
$conn->error . "\n";
    }
} else {
    echo "<br><br>No se encontraron registros en SIGEM_Inventario para la dirección MAC del
Raspberry.\n";
}
$conn->close();
?>

```

---

## 6.9. Anexo 9: Tabla LOC\_Historial\_TAG.

+ Agregar		Nombre de la llave		Columnas	Tabla de refere...	Columnas foráneas	En UPDATE	En DELETE
✖ Borrar		FK_LOC_Historial_TAG_SIGEM_Inventario		ID_Inventario	csi84990_BD_...	ID_Inventario	NO ACTION	NO ACTION
✖ Limpiar								

Columnas: + Agregar ✖ Borrar ▲ Subir ▼ Bajar

#	Nombre	Tipo de datos	Longitud/Con...	Sin signo	Permitir NULL	Rel...	Predeterminado	Comentario	Collation	Expresió
1	<b>ID_Historial</b>	INT	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>AUTO_INCREMENT</b>			
2	ID_Inventario	VARCHAR	50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NULL		utf8_general_ci	
3	Fecha_Registro	VARCHAR	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'		latin1_swedish_ci	
4	Piso_Historial	VARCHAR	50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NULL		latin1_swedish_ci	
5	X_Historial	INT	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NULL			
6	Y_Historial	INT	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NULL			

## 6.10. Anexo 10: Tabla LOC\_AP.

+ Agregar		Nombre de la llave		Columnas	Tabla de refere...	Columnas foráneas	En UPDATE	En DELETE
✖ Borrar		FK_LOC_AP_SIGEM_Instituciones		ID_Institucion	csi84990_BD_...	ID_Institucion	NO ACTION	NO ACTION
✖ Limpiar								

Columnas: + Agregar ✖ Borrar ▲ Subir ▼ Bajar

#	Nombre	Tipo de datos	Longitud/Con...	Sin signo	Permitir NULL	Rel...	Predeterminado	Comentario	Collation	Expresió
1	<b>Direccion_MAC</b>	VARCHAR	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin valor predeter...		utf8_general_ci	
2	ID_Institucion	INT	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NULL			
3	Recinto	VARCHAR	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin valor predetermi...		utf8_general_ci	
4	Piso	VARCHAR	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin valor predetermi...		utf8_general_ci	
5	Sector	VARCHAR	100	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin valor predetermi...		utf8_general_ci	
6	Nombre_AP	VARCHAR	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin valor predetermi...		utf8_general_ci	
7	X	INT	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin valor predetermi...			
8	Y	INT	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin valor predetermi...			

## 6.11. Anexo 11: Código PHP Configuración de APs.

### config2.php

```
<?php
include "/home4/csi84990/public_html/_general/funciones_sigemuv.php";
include "/home4/csi84990/public_html/admin_sigem/funciones_admin_sigem.php";
SIGEM_UV_Load_Style_Header();
if (isset($_SESSION['Correo'])) {
    $user=$_SESSION["Correo"];
    $privilegio=$_SESSION["LOCDEM"]['privilegio'];
    $rol=$_SESSION["LOCDEM"]['rol'];
    $ID_Institucion = $_SESSION['ID_Institucion'];
    $nombre = $_SESSION['Nombre'];
    $apellido1=$_SESSION['Primer_Apellido'];
    $i=0;
    $a[$i][0]="MENÚ";
    $a[$i][1]="https://www.sigem-uv.cl/loc/home.php";
    $a[$i][2]="fa fa-home";
    $i++;
    $a[$i][0]="DEMO TAG";
    $a[$i][1]="./index.php";
```

```

        $a[$i][2]="fa fa-image";
        $i++;
        $a[$i][0]="Configuración TAG";
        $a[$i][1]="./config.php";
        $a[$i][2]="fa fa-cogs ";
        $i++;
        $a[$i][0]="Cerrar sesión/" . $nombre . " " . $apellidol1;
        $a[$i][1]="https://www.sigem-
uv.cl/admin_sigem/close.php?redireccion=https://www.sigem-uv.cl/loc/index.php";
        $a[$i][2]="fa fa-user-circle";
SIGEM_UV_TopBar2_Sin_Buscador($a);}
// Conectar a la base de datos
$conn = new mysqli('localhost', 'csi84990_sigem', 'N2$nsnt15k$0', 'csi84990_BD_SIGEM_UV');
// Verificar la conexión
if ($conn->connect_error) {
    die("Error de conexión: " . $conn->connect_error);}

// Lógica para registrar nuevos APs
if (isset($_POST['registrarAP'])) {
    // Obtener datos del formulario
    $direccionMAC = $_POST['Direccion_MAC'];
    $idInstitucion = $ID_Institucion;
    $recinto = $_POST['Recinto'];
    $piso = $_POST['Piso'];
    $sector = $_POST['Sector'];
    $nombreAP = $_POST['Nombre_AP'];
    $x = $_POST['X'];
    $y = $_POST['Y'];

    // Validar campos obligatorios
    if (empty($direccionMAC) || empty($recinto) || empty($piso) || empty($nombreAP) || empty($x)
|| empty($y)) {
        echo "<br>Todos los campos son obligatorios.";
    } else {
        // Insertar nuevo AP en la base de datos
        $sqlInsertAP = "INSERT INTO LOC_AP (Direccion_MAC, ID_Institucion, Recinto, Piso, Sector,
Nombre_AP, X, Y)
                        VALUES ('$direccionMAC', '$idInstitucion', '$recinto', '$piso',
'$sector', '$nombreAP', '$x', '$y')";
        $resultInsertAP = $conn->query($sqlInsertAP);

        if ($resultInsertAP) {
            echo "<br><br>Nuevo AP registrado con éxito.";
        } else {
            echo "<br><br>Error al registrar el nuevo AP: " . $conn->error;
        }
    }
}

// Lógica para actualizar APs
if (isset($_POST['actualizarAP'])) {
    // Obtener datos del formulario
    $nombreAPActualizar = $_POST['nombreAPActualizar'];
    $nuevaDireccionMAC = $_POST['nuevaDireccionMAC'];

    // Validar campos obligatorios
    if (empty($nuevaDireccionMAC)) {
        echo "<br>La nueva dirección MAC es obligatoria.";
    } else {
        // Actualizar dirección MAC en la base de datos

```

```

        $sqlActualizarMAC = "UPDATE LOC_AP SET Direccion_MAC = '$nuevaDireccionMAC' WHERE
Nombre_AP = '$nombreAPActualizar'";
        $resultActualizarMAC = $conn->query($sqlActualizarMAC);

        if ($resultActualizarMAC) {
            echo "<br><br>Dirección MAC actualizada con éxito.";
        } else {
            echo "<br><br>Error al actualizar la dirección MAC: " . $conn->error;
        }
    }
}
// Obtener la lista de Nombre_AP para el formulario de actualización
$queryNombreAPs = "SELECT DISTINCT Nombre_AP FROM LOC_AP";
$resultNombreAPs = $conn->query($queryNombreAPs);

?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <title>Configuración APs</title>
</head>
<body>
    <center>
        <h1>Configuración APs</h1>

        <!-- Lista desplegable de instituciones -->
        <form action="./config2.php" method="POST">
            <?php
                $sql_nombre_institucion = "SELECT Institucion FROM SIGEM_Instituciones
WHERE ID_Institucion = '$ID_Institucion'";
                $result_nombre_institucion = $conn->query($sql_nombre_institucion);
                if ($result_nombre_institucion) {
                    $row_nombre_institucion = $result_nombre_institucion-
>fetch_assoc());
                    $nombre_institucion = $row_nombre_institucion['Institucion'];
                    // Muestra el nombre de la institución
                    echo "Usted pertenece a: ".utf8_encode($nombre_institucion);}}?>

            <br>

            <!-- Botones para registrar y actualizar APs -->
            <button type="submit" name="registrarAP">Registrar APs</button>
            <button type="submit" name="actualizarAP">Actualizar APs</button>

        </form>

        <?php
            // Verificar qué botón se ha presionado y mostrar el formulario correspondiente
            if (isset($_POST['registrarAP'])) {
                ?>
                <form action="./config2.php" method="POST">
                    <!-- Campos del formulario para registrar AP -->
                    <label>Dirección MAC:</label><br>
                    <input type="text" id="Direccion_MAC" name="Direccion_MAC" value="" required><br>

                    <!-- Campo oculto para almacenar el ID de la Institución -->
                    <input type="hidden" name="ID_Institucion" value="<?php echo $ID_Institucion; ?>">

```

```

        <!-- Etiqueta para mostrar la Institución seleccionada -->
        <label>Institución:</label><br>
        <?php
            $sql_nombre_institucion = "SELECT Institucion FROM
SIGEM_Instituciones WHERE ID_Institucion = '$ID_Institucion'";
            $result_nombre_institucion = $conn-
>query($sql_nombre_institucion);
            if ($result_nombre_institucion) {
                $row_nombre_institucion =
$nombre_institucion =
$nombre_institucion->fetch_assoc();
                $row_nombre_institucion['Institucion'];
                // Muestra el nombre de la institución
                echo utf8_encode($nombre_institucion);}
        ?><br>

        <label>Recinto:</label><br>
        <input type="text" id="Recinto" name="Recinto" value="" required><br><br>

        <label>Piso:</label><br>
        <input type="text" id="Piso" name="Piso" value="" required><br><br>

        <label>Sector:</label><br>
        <input type="text" id="Sector" name="Sector" value=""><br><br>

        <label>Nombre AP:</label><br>
        <input type="text" id="Nombre_AP" name="Nombre_AP" value="" required><br><br>

        <label>(X,Y):</label><br>
        <input type="text" id="X" name="X" value="" required><input type="text" id="Y"
name="Y" value="" required><br><br>

        <button type="submit" name="registrarAP">Registrar AP</button>
</form>

<?php
} elseif (isset($_POST['actualizarAP'])) {
?>
    <form action="./config2.php" method="POST">
    <!-- Lista desplegable de Nombres AP asociados a la Institución seleccionada -->
    <label>Seleccionar Nombre AP:</label>
    <select name="nombreAPActualizar">
        <?php
            // Consulta para obtener los Nombres AP asociados a la Institución seleccionada
            $sql_nombreAPs = "SELECT DISTINCT Nombre_AP FROM LOC_AP WHERE ID_Institucion =
'$ID_Institucion'";
            $resultNombreAPs = $conn->query($sql_nombreAPs);

            if ($resultNombreAPs) {
                while ($row = $resultNombreAPs->fetch_assoc()) {
                    echo
value='{$row['Nombre_AP']}'>{$row['Nombre_AP']}</option>";
                }
            } else {
                echo "Error al obtener los Nombres AP: " . $conn->error;
            }
        ?>
    </select>
    <br>

```

```

        <!-- Campo para ingresar nueva dirección MAC -->
        <label>Nueva Dirección MAC:</label>
        <input type="text" name="nuevaDireccionMAC" required>
        <br>

        <!-- Botón para confirmar actualización -->
        <button type="submit" name="actualizarAP">Actualizar AP</button>
        </form>

    <?php
    }
    ?>
</center>
</body>
</html>
<?php
$conn->close();// Cerrar la conexión a la base de datos
?>
...<br><br><br>
...<br><br><br>
<?php SIGEM_UV_BottomLine();?>

```

## 6.12. Anexo 12: Código PHP Configuración de TAGs.

### config.php

```

<?php
include "/home4/csi84990/public_html/_general/funciones_sigemuv.php";
include "/home4/csi84990/public_html/admin_sigem/funciones_admin_sigem.php";
SIGEM_UV_Load_Style_Header();
if (isset($_SESSION['Correo'])){
    $user=$_SESSION["Correo"];
    $privilegio=$_SESSION["LOCDEM"]['privilegio'];
    $rol=$_SESSION["LOCDEM"]['rol'];
    $ID_Institucion = $_SESSION['ID_Institucion'];
    $nombre = $_SESSION['Nombre'];
    $apellido1=$_SESSION['Primer_Apellido'];
    $i=0;
    $a[$i][0]="MENÚ";
    $a[$i][1]="https://www.sigem-uv.cl/loc/home.php";
    $a[$i][2]="fa fa-home";
    $i++;
    $a[$i][0]="DEMO TAG";
    $a[$i][1]="./index.php";
    $a[$i][2]="fa fa-image";
    $i++;
    $a[$i][0]="Configuración APs/routers";
    $a[$i][1]="./config2.php";
    $a[$i][2]="fa fa-cogs ";
    $i++;
    $a[$i][0]="Cerrar sesión/" . $nombre . " " . $apellido1;
    $a[$i][1]="https://www.sigem-
uv.cl/admin_sigem/close.php?redireccion=https://www.sigem-uv.cl/loc/index.php";
    $a[$i][2]="fa fa-user-circle";
    SIGEM_UV_TopBar2_Sin_Buscador($a);}
// Conexión a la base de datos
$conn = new mysqli('localhost', 'csi84990_sigem', 'N2$nsnt15k$0', 'csi84990_BD_SIGEM_UV');
if ($conn->connect_error) {die("Error de conexión: " . $conn->connect_error);}

// Verificar si se ha enviado el formulario para registrar un nuevo TAG
if (isset($_POST['registrarTAG'])) {

```

```

// Obtener el ID_Inventario seleccionado
$idInventarioTAG = $_POST['ID_Inventario'];
// Obtener la nueva dirección MAC del TAG
$direccionMACTAG = $_POST['direccionMAC'];

// Actualizar la columna Direccion_MAC_TAG solo si aún no tiene una dirección MAC asociada
$queryCheckMAC = "SELECT Direccion_MAC_TAG FROM SIGEM_Inventario WHERE ID_Inventario =
'$idInventarioTAG' AND Direccion_MAC_TAG IS NULL";
$resultCheckMAC = $conn->query($queryCheckMAC);

if ($resultCheckMAC->num_rows > 0) {
    // El inventario seleccionado aún no tiene una dirección MAC asociada, podemos actualizar
    $sqlActualizarDireccionMAC = "UPDATE SIGEM_Inventario SET Direccion_MAC_TAG =
'$direccionMACTAG' WHERE ID_Inventario = '$idInventarioTAG'";

    if ($conn->query($sqlActualizarDireccionMAC) === TRUE) {
        echo "<br>Dirección MAC del TAG ingresada con éxito en el Inventario seleccionado.";
    } else {
        echo "<br>Error al ingresar la dirección MAC del TAG: " . $conn->error;
    }
}
}

// Verificar si se ha enviado el formulario para actualizar un TAG
if (isset($_POST['actualizarTAG'])) {
    // Obtener el ID_Inventario seleccionado
    $idInventarioTAG = $_POST['ID_InventarioTAG'];

    // Obtener la nueva dirección MAC del formulario
    $nuevaDireccionMAC_TAG = $_POST['nuevaDireccionMAC_TAG'];

    // Actualizar la dirección MAC en la base de datos
    $sqlActualizarDireccionMAC = "UPDATE SIGEM_Inventario SET Direccion_MAC_TAG =
'$nuevaDireccionMAC_TAG' WHERE ID_Inventario = '$idInventarioTAG'";

    if ($conn->query($sqlActualizarDireccionMAC) === TRUE) {
        echo "<br>Dirección MAC del TAG actualizada con éxito.";
    } else {
        echo "<br>Error al actualizar la dirección MAC del TAG: " . $conn->error;
    }
}

// Obtener la lista de nombres alternativos con dirección MAC asociada
$queryNombresConMAC = "SELECT ID_Inventario, Nombre_Alternativo FROM SIGEM_Inventario WHERE
ID_Institucion = '$ID_Institucion' AND Direccion_MAC_TAG IS NOT NULL";
$resultNombresConMAC = $conn->query($queryNombresConMAC);

// Obtener la lista de inventarios sin Direccion_MAC_TAG para el formulario de registro de TAG
$queryInventarios = "SELECT ID_Inventario, Nombre_Alternativo, Serie FROM SIGEM_Inventario WHERE
ID_Institucion = '$ID_Institucion' AND Direccion_MAC_TAG IS NULL";
$resultInventarios = $conn->query($queryInventarios);
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <title>Configuración TAGs</title>
</head>

```

```

<body>
  <center>
    <h1><br>Configuración TAGs</h1>

    <!-- Lista desplegable de instituciones -->
    <form action="./config.php" method="POST">
      <?php
        $sql_nombre_institucion = "SELECT Institucion FROM SIGEM_Instituciones
WHERE ID_Institucion = '$ID_Institucion'";
        $result_nombre_institucion = $conn->query($sql_nombre_institucion);
        if ($result_nombre_institucion) {
          $row_nombre_institucion = $result_nombre_institucion-
>fetch_assoc());
          $nombre_institucion = $row_nombre_institucion['Institucion'];
          // Muestra el nombre de la institución
          echo "Usted pertenece a: ".utf8_encode($nombre_institucion);}?>

      <br>

      <!-- Botones para registrar y actualizar TAGs -->
      <button type="submit" name="registrarTAG">Registrar TAGs</button>
      <button type="submit" name="modificarTAG">Modificar TAG</button>

    </form>

    <?php
    // Verificar qué botón se ha presionado y mostrar el formulario correspondiente
    if (isset($_POST['registrarTAG'])) {
      ?>
      <form action="./config.php" method="POST">
        <!-- Campo oculto para almacenar el ID de la Institución -->
        <input type="hidden" name="ID_Institucion" value="<?php echo $ID_Institucion; ?>">
        <label>Seleccionar Inventario:</label>
        <select name="ID_Inventario" required>
          <?php
            while ($row = $resultInventarios->fetch_assoc()) {
              echo "<option value='{$row['ID_Inventario']}'>ID: {$row['ID_Inventario']} -
Nombre: {" .utf8_encode($row['Nombre_Alternativo'])."} - Serie: {$row['Serie']}</option>";
            }
          ?>
        </select>
        <br>

        <!-- Campo para ingresar nueva dirección MAC -->
        <label>Dirección MAC del TAG:</label>
        <input type="text" name="direccionMAC" required>
        <br>

        <button type="submit" name="registrarTAG">Registrar TAG</button>
      </form>

      <?php
    } elseif (isset($_POST['modificarTAG'])) {
      ?>
      <form action="./config.php" method="POST">
        <!-- Lista desplegable de Nombres Alternativos asociados a la Institución
seleccionada -->
        <input type="hidden" name="ID_Institucion" value="<?php echo $ID_Institucion;
?>">

        <label>Seleccionar Nombre Alternativo:</label>

```

```

        <select name="ID_InventarioTAG" required>
            <?php
                while ($row = $resultNombresConMAC->fetch_assoc()) {
                    echo
value='{$row['ID_Inventario']}'>".utf8_encode($row['Nombre_Alternativo'])."</option>";
                }
            ?>
        </select>
        <br>

        <label>Nueva Dirección MAC del TAG:</label>
        <input type="text" name="nuevaDireccionMAC_TAG" required>
        <br>

        <!-- Botón para confirmar actualización -->
        <button type="submit" name="actualizarTAG">Modificar TAG</button>
    </form>
    <?php
    }
    ?>
</center>
</body>
</html>
<?php
$conn->close();
?>
...<br><br><br><br>
...<br><br><br><br>
<?php SIGEM_UV_BottomLine();?>

```

### 6.13. Anexo 13: Código PHP de página principal en DEMO.

#### index.php

```

<?php
include "/home4/csi84990/public_html/_general/funciones_sigemuv.php";
include "/home4/csi84990/public_html/admin_sigem/funciones_admin_sigem.php";

SIGEM_UV_Load_Style_Header();
//***** CONTROL DE ACCESO *****
$user=$_SESSION["Correo"];
$privilegio=$_SESSION["LOCDM"][ 'privilegio' ];
if($user=="" || $privilegio=="") {echo "<br><br><br><center><h3>Usted no tiene acceso a este
módulo ($user)";exit();}
//***** CONTROL DE ACCESO *****

function Plot_Titulo($nombre,$apellido) {
    echo "<br><br><br>
        <b><center><h3>DEMO TagWiFi</b></h3>
        <center><h5>Bienvenido/a {$nombre} {$apellido}</h5>";
}

function BDTAG($conn, $ID_Institucion) {
    //1. Indicar Institucion del usuario por defecto
    // Consulta para obtener el nombre de la institución seleccionada
    $sql_nombre_institucion = "SELECT Institucion FROM SIGEM_Instituciones WHERE
ID_Institucion = '$ID_Institucion'";
    $result_nombre_institucion = $conn->query($sql_nombre_institucion);
    // Verifica si la consulta fue exitosa
    if ($result_nombre_institucion) {

```

```

        $row_nombre_institucion = $result_nombre_institucion->fetch_assoc();
        $nombre_institucion = $row_nombre_institucion['Institucion'];
        // Muestra el nombre de la institución
        echo "Usted pertenece a: ".utf8_encode($nombre_institucion);}

        // 2. Seleccionar un ID_Inventario y Nombre_Alternativo que posea TAG desde la
        tabla SIGEM_Inventario y LOC_TAG
        $sqlInventario = "SELECT ID_Inventario, Nombre_Alternativo, Direccion_MAC_TAG
        FROM SIGEM_Inventario
        WHERE ID_Institucion = $ID_Institucion AND Direccion_MAC_TAG IS NOT
        NULL";

        $resultInventario = $conn->query($sqlInventario);

        echo "<form method='post' action='./mapa.php'>";
        echo "<label for='inventario'>Selecciona un Dispositivo/Equipo:</label>";
        echo "    <input type='hidden' id='ID_Institucion' name='ID_Institucion'
        value='$ID_Institucion'>";
        echo "<select name='ID_Inventario' id='ID_Inventario'>";

        // Muestra la lista de Dispositivos/Equipos con TAG en un formulario
        while ($row = $resultInventario->fetch_assoc()) {
            echo "    <option value='{ $row['ID_Inventario'] }'>".utf8_encode($row['Nombre_Alternativo'])."</option>";
        }

        echo "</select>";
        echo "<br><br>";
        echo "<input type='hidden' name='institucion_seleccionada' value='$ID_Institucion'>";
        echo "<input type='submit' name='submit_inventario' value='Seleccionar'>";
        echo "</form>";
        return null;
    }

    *****
    ***** I N I C I O *****
    *****

    if (isset($_SESSION['Correo'])){
        $user=$_SESSION["Correo"];
        $privilegio=$_SESSION["LOCDEM"]['privilegio'];
        $rol=$_SESSION["LOCDEM"]['rol'];
        $ID_Institucion = $_SESSION['ID_Institucion'];
        $nombre = $_SESSION['Nombre'];
        $apellido1=$_SESSION['Primer_Apellido'];

        if ($privilegio == "Administrador" || $privilegio == "Editor") {
            $i=0;
            $a[$i][0]="MENÚ";
            $a[$i][1]="https://www.sigem-uv.cl/loc/home.php";
            $a[$i][2]="fa fa-home";
            $i++;
            $a[$i][0]="Configuración APs/Routers";
            $a[$i][1]="./config2.php";
            $a[$i][2]="fa fa-cogs "; //modulos
            $i++;
            $a[$i][0]="Configuración TAGs";
            $a[$i][1]="./config.php";
            $a[$i][2]="fa fa-cogs ";
        }
    }

```

```

        $i++;
        $a[$i][0]="Ultima TX";
        $a[$i][1]="./ver_data.php";
        $a[$i][2]="fa fa-spinner";
        $i++;
        $a[$i][0]="Cerrar sesión/" . $nombre . " " . $apellido1;
        $a[$i][1]="https://www.sigem-
uv.cl/admin_sigem/close.php?redireccion=https://www.sigem-uv.cl/loc/index.php";
        $a[$i][2]="fa fa-user-circle";
    } else {
        $i=0;
        $a[$i][0]="MENÚ";
        $a[$i][1]="https://www.sigem-uv.cl/loc/home.php";
        $a[$i][2]="fa fa-home";
        $i++;
        $a[$i][0]="Ultima TX";
        $a[$i][1]="./ver_data.php";
        $a[$i][2]="fa fa-spinner";
        $i++;
        $a[$i][0]="Cerrar sesión/" . $nombre . " " . $apellido1;
        $a[$i][1]="https://www.sigem-
uv.cl/admin_sigem/close.php?redireccion=https://www.sigem-uv.cl/loc/index.php";
        $a[$i][2]="fa fa-user-circle";
    }
    SIGEM_UV_TopBar2_Sin_Buscador($a);}

Plot_Titulo($nombre, $apellido1);

$conn = new mysqli('localhost', 'csi84990_sigem', 'N2$nsnt15k$0', 'csi84990_BD_SIGEM_UV');
if ($conn->connect_error) {
    die("Conexión fallida: " . $conn->connect_error);}

BDTAG($conn, $ID_Institucion);

$conn->close();
?>
...<br><br><br><br>
...<br><br><br><br>

<?php SIGEM_UV_BottomLine();?>

```

## 6.14. Anexo 14: Código PHP DEMO TAG WiFi.

### mapa.php

```

<?php
include "/home4/csi84990/public_html/_general/funciones_sigemuv.php";
include "/home4/csi84990/public_html/admin_sigem/funciones_admin_sigem.php";
SIGEM_UV_Load_Style_Header();

function Plot_Titulo($id) {
    $fecha=date('d-m-Y H:i:s',time());
    echo "
        <b><center><h3>DEMO          TagWiFi</b></h3><h5>$fecha</h5><b><small>ID          Inventario:
$id</small></br>";
    }

function DistanciaRSSI($rssi, $txPower, $n) {
    // $rssi: RSSI medido
    // $txPower: RSSI a 1 metro de distancia

```

```

// $n: Factor de atenuación del camino (generalmente entre 2 y 4)
$distance = pow(10, (($txPower - $rssi) / (10 * $n)));
return $distance;
}

function trilateration($APs, $piso_mas_repetido) {
    $selectedAPs = array();
        $txPower = -26; // a 1 metro
    $n = 2;
    foreach ($APs as $ap) { // Selecciona tres APs disponibles con mejor señal (RSSI)
        if ($ap['E'] && $ap['rssi'] >= -100 && $ap['Piso']==$piso_mas_repetido) {
            $dist = DistanciaRSSI($ap['rssi'], $txPower, $n);
            $ap['distancia'] = $dist; // se guarda la distancia calculada al ap correspondiente
            $selectedAPs[] = $ap; //info del ap seleccionado se guarda en ese array
        }
        if (count($selectedAPs) == 3) {
            break;
        }
    }

    if (count($selectedAPs) < 3) {
        return ['x' => -1, 'y' => -1]; //retorna -1 si no hay mínimo 3
    }

    $keys = array_keys($selectedAPs);
    $AP1 = $selectedAPs[$keys[0]];
    $AP2 = $selectedAPs[$keys[1]];
    $AP3 = $selectedAPs[$keys[2]];

    $Va = ($AP2['distancia'] ** 2 - $AP3['distancia'] ** 2 - $AP2['x'] ** 2 +
$AP3['x'] ** 2 - $AP2['y'] ** 2 + $AP3['y'] ** 2)/2;
    $Vb = ($AP2['distancia'] ** 2 - $AP1['distancia'] ** 2 - $AP2['x'] ** 2 +
$AP1['x'] ** 2 - $AP2['y'] ** 2 + $AP1['y'] ** 2)/2;

    $y = ($Vb*($AP3['x'] - $AP2['x']) - $Va*($AP1['x'] - $AP2['x']))/(( $AP1['y'] -
$AP2['y'])*($AP3['x'] - $AP2['x']) - ($AP3['y'] - $AP2['y'])*($AP1['x'] - $AP2['x']));
    $x = ($Va - $y*($AP3['y'] - $AP2['y']))/($AP3['x'] - $AP2['x']);

    return ['x' => $x, 'y' => $y];
}

function obtenerDireccionMACTAG($ID_Inventario) {
    $conn = new mysqli('localhost', 'csi84990_sigem', 'N2$nsntl5k$0', 'csi84990_BD_SIGEM_UV');
    if ($conn->connect_error) {die("<br><br><br>Conexión fallida: " . $conn->connect_error);}
    $sql = "SELECT Direccion_MAC_TAG FROM SIGEM_Inventario WHERE ID_Inventario =
'$ID_Inventario'";
    $result = $conn->query($sql);
    $conn->close();
    while ($row = $result->fetch_assoc()) {
        return $row['Direccion_MAC_TAG'];
    }

    return null; // Devolver null si no se encuentra la dirección MAC_TAG
}

function BDAPs(&$info_bdD, &$ID_Institucion) {
    $conn = new mysqli('localhost', 'csi84990_sigem', 'N2$nsntl5k$0', 'csi84990_BD_SIGEM_UV');
    if ($conn->connect_error) {
        die("<br><br><br>Conexión fallida: " . $conn->connect_error);
    }
}

```

```

// Consulta SQL para obtener los datos de la tabla LOC_AP filtrados por ID_Institucion
$sql = "SELECT Direccion_MAC, Piso, Nombre_AP, x, y FROM LOC_AP WHERE ID_Institucion =
$ID_Institucion";
$result = $conn->query($sql);

// Verificar si se obtuvieron resultados
if ($result->num_rows > 0) {
    $info_bdD = array();// Inicializar el array
    // Iterar sobre los resultados y guardar en el array
    while ($row = $result->fetch_assoc()) {
        $info_bdD[] = array(
            'mac_bdD' => $row['Direccion_MAC'],
            'Piso' => $row['Piso'],
            'nombre AP' => $row['Nombre_AP'],
            'x' => $row['x'],
            'y' => $row['y'],
            'E' => false,
            'rssi' => null
        );
    }
    $result->free();// Liberar el conjunto de resultados
} else {
    echo "<br><br><br><br>No se encontraron resultados en la tabla LOC_AP";
}
$conn->close();
}

function LeeRaspberry(&$datos, $arch, &$direccion_MAC_TAG) {
    $lineas = file($arch);
    $linea = $lineas[0];
    $ap_datos = explode('_', $linea); //se separa por AP

    // Verificar que la Direccion_MAC_TAG coincida con la Direccion_MAC del Raspberry
    if ($ap_datos[1] != $direccion_MAC_TAG) {
        // Manejar el caso en que no coincidan, por ejemplo, lanzar un error o realizar alguna
        acción específica.
        echo "La Direccion MAC del TAG seleccionado no coincide con la Direccion MAC del Raspberry
        activo.";
        return false;
    }

    for ($i = 2; $i < count($ap_datos); $i++) {
        $ap_info = explode('@', $ap_datos[$i]); //se separa la info de cada
        AP
        $mac = $ap_info[0];
        $rssi = $ap_info[1];
        $datos[] = array('mac' => $mac, 'rssi' => $rssi);
        usort($datos, function($a, $b) { //ordena de forma descendente
            return $b['rssi'] - $a['rssi']; //compara entre dos RSSI y
        los ordena mediante usort
        });
    }
    return array($ap_datos[0], $ap_datos[1]); //[0]retorna la fecha de la última TX, [1]
    direccion MAC TAG
}

function VerificaAP_Visibles(&$info_bdD,$datos){
    //determinar el piso que pertenecen las APs disponibles
    foreach ($datos as $dato) {
        $piso = 'Desconocido';
    }
}

```

```

        for ($i = 0; $i < count($info_bdD); $i++) {
            if ($info_bdD[$i]['mac_bdD'] == $dato['mac']) {
                $info_bdD[$i]['E'] = true;
                $piso = $info_bdD[$i]['Piso'];
                $info_bdD[$i]['rssi'] = $dato['rssi'];
                break; // sale del bucle cuando encuentra la coincidencia
            }
        }
    }
}

function CalculaPisoMasRepetido(&$info_bdD) {
    $repeticiones_pisos = array(); // para contar las repeticiones de cada piso
    $piso_rssi_maximo = array(); // para almacenar el piso asociado al RSSI más alto

    foreach ($info_bdD as $ap) {
        $piso = $ap['Piso'];
        $Dispo = $ap['E'];

        if ($piso != 'Desconocido' && $Dispo) { // Ignorar los pisos 'Desconocido'
            if (isset($repeticiones_pisos[$piso])) {
                $repeticiones_pisos[$piso]++;

                // Verificar y actualizar el piso asociado al RSSI más alto
                if (!isset($piso_rssi_maximo[$piso]) || $ap['rssi'] > $piso_rssi_maximo[$piso])
                {
                    $piso_rssi_maximo[$piso] = $ap['rssi'];
                }
            } else {
                $repeticiones_pisos[$piso] = 1;
                $piso_rssi_maximo[$piso] = $ap['rssi'];
            }
        }
    }

    $piso_mas_repetido = null;
    $max_repeticiones = 0;

    foreach ($repeticiones_pisos as $piso => $repeticiones) {
        // Encontrar el piso más repetido con el RSSI más alto
        if ($repeticiones > $max_repeticiones || ($repeticiones == $max_repeticiones &&
        $piso_rssi_maximo[$piso] > $piso_rssi_maximo[$piso_mas_repetido])) {
            $piso_mas_repetido = $piso;
            $max_repeticiones = $repeticiones;
        }
    }

    return array($piso_mas_repetido);
}

function Plot_Target($info_bdD, $piso_mas_repetido) {
    echo "<style>";
    echo "@keyframes fadeIn { 0% { opacity: 0; } 100% { opacity: 0.6; } }";
    echo ".cajaMapa { position: absolute; top:150px; left: 570px; width:100% ; max-width: 1000px;
}"; //pone en un margen el mapa
    echo ".mapa { position: absolute; top: 0px; left: 0px; border: 1px solid #cccccc; width: 100%;
z-index: 1;}"; //mapa

    $index = 2;
    foreach ($info_bdD as $ap) {

```

```

    if ($ap['E'] && $ap['Piso']==$piso_mas_repetido) {
        echo ".image{$index} { position: absolute; top: {$ap['y']}px; left: {$ap['x']}px;
width: 20px; height: 20px; background-image: url('./iconos/wifi_dispo.png'); background-size:
cover; z-index: {$index}; transform: translate(-50%, -50%) scale(" . (1 + ($ap['rssi'] + 90) /
50) . "); animation: fadeIn 2s; }";
        echo ".radial{$index} {opacity: 0.2; position: absolute; top: {$ap['y']}px; left:
{$ap['x']}px; width: 200px; height: 200px; background-image: url('./iconos/circulo_rojo.png');
background-size: cover; z-index: 2; transform: translate(-50%, -50%) scale(" . (100-
abs($ap['rssi'])) / 20 . " ) ; animation: fadeIn 2s; }";
    } else if ($ap['Piso']==$piso_mas_repetido) { //Mostrar AP correspondiente al
piso en mapa
        echo ".image{$index} { position: absolute; top: {$ap['y']}px; left: {$ap['x']}px;
width: 20px; height: 20px; background-image: url('./iconos/wifi_levan.png'); background-size:
cover; z-index: {$index}; transform: translate(-50%, -50%); animation: fadeIn 2s; }";
    }
    $index++;
}
echo "</style>";
}

//***** PLOTEA ETIQUETAS GENERICAS
function Plotea_Tag($nombre,$txt,$x,$y,$color_fondo,$color_letra,$tamano_letra) {
    echo "<style>";
    echo ".{$nombre}tag {opacity: 0.5; position: absolute; top: {$y}px; left: {$x}px; width:
200px; height: 200px; background-image: url('./iconos/target1.png'); background-size: cover; z-
index: 100; transform: translate(-50%, -50%); animation: fadeIn 2s; }";
    echo ".$nombre { position: absolute; top: {$y}px; left: {$x}px; transform: translate(-50%,
-50%); z-index: 100; font-size: {$tamano_letra}px; color: $color_letra; background-color:
$color_fondo; padding: 2px 5px; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; }";
    echo "</style>";
    echo "<div class='{$nombre}'>$txt</div>";
    echo "<div class='{$nombre}tag'></div>";
}

function Plotea_Etiqueta($nombre,$txt,$x,$y,$color_fondo,$color_letra,$tamano_letra) {
    echo "<style>";
    echo ".$nombre { position: absolute; top: {$y}px; left: {$x}px; transform: translate(-50%,
-50%); z-index: 100; font-size: {$tamano_letra}px; color: $color_letra; background-color:
$color_fondo; padding: 2px 5px; border: 1px solid #ccc; border-radius: 5px; }";
    echo "</style>";
    echo "<div class='{$nombre}'>$txt</div>";
}

function Plotea_Plano($info_bdD, $piso_mas_repetido,$ultima_tx) {
    list($piso_mas_repetido) = CalculaPisoMasRepetido($info_bdD);

    echo "<img src='./EDIFICIO HUCKE/{$piso_mas_repetido}.png' style='position: absolute; top:
150px; left: 0px;' />"; // Ajusta la posición a la izquierda

    echo "<div class='cajaMapa' style='position: absolute; top: 150px; right: 0px;'>"; // Ajusta
la posición a la derecha

    echo "<img class='mapa' src='./planos/uv/hucke/{$piso_mas_repetido}.png' />";

    $index = 2;
    foreach ($info_bdD as $ap) {
        // Coloca iconos y etiquetas en la cajaMapa
        echo "<div class='image{$index}'></div>";
        echo "<div class='radial{$index}'></div>";
        if ($ap['Piso'] == $piso_mas_repetido) {

```

```

        $dist = round(DistanciaRSSI($ap['rssi'], -26, 2), 2);
        if ($ap['E']) Plotea_Etiqueta("rssi{$index}", "RSSI:
{$ap['rssi']}/{$dist}", $ap['x'], $ap['y']-30, "#FAE5D3", "#D35400", 20); //plotea sólo los activos
        Plotea_Etiqueta("label{$index}", "{$ap['nombre
AP']}", $ap['x'], $ap['y']+20, "#FFFFFF", "#FF3333", 14);
    }
    $index++;
}

//plotea Tag
$resultado = trilateration($info_bdD, $piso_mas_repetido);
if($resultado['x']!=-1)
Plotea_Tag("Tag1", "Rasp", $resultado['x'], $resultado['y'], "#FF0000", "#FFFFFF", 14);
//etiquetas superiores
Plotea_Etiqueta("Piso", "Piso:
{$piso_mas_repetido}", 60, 15, "#EEEEFF", "#0000FF", 18); //($nombre, $txt, $x, $y, $color_fondo, $color_1
etra, $tamano_letra) {
    Plotea_Etiqueta("UltimaTx", "Ultima TX: {$ultima_tx}", 250, 15, "#EEEEFF", "#0000FF", 18);

echo "</div>"; //cierra cajaMapa
}

*****
**** I N I C I O *****
*****

if (isset($_SESSION['Correo'])){
    $user=$_SESSION["Correo"];
    $privilegio=$_SESSION["LOCDEM"]['privilegio'];
    $rol=$_SESSION["LOCDEM"]['rol'];
    $ID_Institucion = $_SESSION['ID_Institucion'];
    $nombre = $_SESSION['Nombre'];
    $apellido1=$_SESSION['Primer_Apellido'];

    if ($privilegio == "Administrador" || $privilegio == "Editor") {
        $i=0;
        $a[$i][0]="MENÚ";
        $a[$i][1]="https://www.sigem-uv.cl/loc/home.php";
        $a[$i][2]="fa fa-home";
        $i++;
        $a[$i][0]="Configuración APs/Routers";
        $a[$i][1]="./config2.php";
        $a[$i][2]="fa fa-cogs "; //modulos
        $i++;
        $a[$i][0]="Configuración TAGs";
        $a[$i][1]="./config.php";
        $a[$i][2]="fa fa-cogs ";
        $i++;
        $a[$i][0]="Ultima TX";
        $a[$i][1]="./ver_data.php";
        $a[$i][2]="fa fa-spinner";
        $i++;
        $a[$i][0]="Cerrar sesión/" . $nombre . " " . $apellido1;
        $a[$i][1]="https://www.sigem-
uv.cl/admin_sigem/close.php?redireccion=https://www.sigem-uv.cl/loc/index.php";
        $a[$i][2]="fa fa-user-circle";
    } else {
        $i=0;
        $a[$i][0]="MENÚ";

```



```
timedRefresh();
</script>
```

## 6.15. Anexo 15: Código PHP de página de última transmisión de datos.

### ver\_data.php

```
<?php
include "/home4/csi84990/public_html/_general/funciones_sigemuv.php";
include "/home4/csi84990/public_html/admin_sigem/funciones_admin_sigem.php";

function LeeRaspberry(&$datos, $arch) {
    $lineas = file($arch);
    $linea = $lineas[0];
    $ap_datos = explode('_', $linea); // Se separa por AP
    //echo var_dump($ap_datos);

    $datosOrdenados = []; // Inicializar array para almacenar datos ordenados por RSSI

    for ($i = 2; $i < count($ap_datos); $i++) {
        $ap_info = explode('@', $ap_datos[$i]); // Se separa la info de cada AP
        $mac = $ap_info[0];
        $rssi = $ap_info[1];
        $datosOrdenados[] = array('mac' => $mac, 'rssi' => $rssi);
    }

    // Ordenar el array por RSSI de forma descendente
    usort($datosOrdenados, function ($a, $b) {
        return $b['rssi'] - $a['rssi'];
    });

    // Agregar la fecha y la dirección MAC del Raspberry al array de salida
    $datos = array('fecha' => $ap_datos[0], 'direccion_MAC_TAG' => $ap_datos[1], 'APs' =>
    $datosOrdenados);

    return $datos;
}

function TAG_Inventario($ruta_archivo) {
    // Obtener la dirección MAC del Raspberry y los datos de los APs
    $datos = [];
    LeeRaspberry($datos, $ruta_archivo);

    // Datos del Raspberry
    $fecha = $datos['fecha'];
    $macRaspberry = $datos['direccion_MAC_TAG'];

    $conn = new mysqli('localhost', 'csi84990_sigem', 'N2$nsntl5k$0', 'csi84990_BD_SIGEM_UV');
    if ($conn->connect_error) { die("<br><br>Conexión fallida: " . $conn->connect_error);}

    // Consultar la base de datos para obtener la ID_Inventario asociada a la Direccion_MAC_TAG
    del Raspberry
    $sql = "SELECT ID_Inventario, ID_Institucion FROM SIGEM_Inventario WHERE Direccion_MAC_TAG
    = '$macRaspberry'";
    $result = $conn->query($sql);

    // Verificar si se encontró un resultado
    if ($result->num_rows > 0) {
        // Obtener la ID_Inventario e ID_Institucion
        $row = $result->fetch_assoc();
    }
}
```

```

$idInventario = $row["ID_Inventario"];
$idInstitucion = $row["ID_Institucion"];

// Consultar la base de datos para obtener las direcciones MAC y pisos asociados a la
ID_Institucion
$sqlAP = "SELECT Direccion_MAC, Piso, X, Y FROM LOC_AP WHERE ID_Institucion =
'$idInstitucion'";
$resultAP = $conn->query($sqlAP);

// Verificar si se encontró un resultado
if ($resultAP->num_rows > 0) {
    // Obtener todas las direcciones MAC y pisos asociados a la ID_Institucion
    $datosAPs = [];
    while ($rowAP = $resultAP->fetch_assoc()) {
        $datosAPs[$rowAP['Direccion_MAC']] = [
            'Piso' => $rowAP['Piso'],
            'rssi' => null,
            'X' => $rowAP['X'],
            'Y' => $rowAP['Y']
        ];
    }

    // Actualizar los RSSI para las direcciones MAC coincidentes
    foreach ($datos['APs'] as $ap) {
        $macAP = $ap['mac'];
        if (isset($datosAPs[$macAP])) {
            $datosAPs[$macAP]['rssi'] = $ap['rssi'];
        }
    }

    // Imprimir resultados (puedes ajustar esto según tus necesidades)
    echo "<br><br><br>";
    echo "Fecha: $fecha\n";
    echo "Direccion MAC TAG: $macRaspberry\n";
    echo "ID_Inventario asociada: $idInventario\n";
    echo "ID_Institucion asociada: $idInstitucion<br>";
    echo "Direcciones MAC coincidentes con el Raspberry:<br>";

    // Imprimir las direcciones MAC coincidentes, sus RSSI y Pisos
    foreach ($datosAPs as $macAP => $apFiltrado) { //desde todos los APs de la base de
datos, se filtran los activos gracias al RSSI
        if ($apFiltrado['rssi'] !== null) {
            $rssi = $apFiltrado['rssi'];
            $piso = $apFiltrado['Piso'];
            echo "MAC del AP: $macAP, RSSI: $rssi, Piso: $piso<br>";
        }
    }
    // Calcular el piso más repetido
    $pisoMasRepetido = calcularPisoMasRepetido($datosAPs);
    echo "Piso más repetido: $pisoMasRepetido<br>";

    // Aplicar la trilateración para obtener las coordenadas (x, y)
    $coordenadas = trilateration($datosAPs, $pisoMasRepetido);
    echo "Las coordenadas son: ". $coordenadas['x'].", ". $coordenadas['y'];
    } else {
        echo "No se encontraron direcciones MAC asociadas a la ID_Institucion:
$idInstitucion\n";
    }
} else {
    echo "No se encontró ninguna coincidencia para la Direccion_MAC_TAG: $macRaspberry\n";
}

```

```

    }
    $conn->close();
}

function calcularPisoMasRepetido($datosAPs) {
    // Filtrar APs disponibles con RSSI no nulo
    $APsDisponibles = array_filter($datosAPs, function ($ap) {
        return $ap['rssi'] !== null;
    });

    // Inicializar variables para el piso más repetido y su frecuencia máxima
    $pisoMasRepetido = null;
    $frecuenciaMaxima = 0;

    // Contar la frecuencia de cada piso y encontrar el piso con la frecuencia máxima
    foreach ($APsDisponibles as $ap) {
        $piso = $ap['Piso'];
        if (!isset($frecuenciaPorPiso[$piso])) {
            $frecuenciaPorPiso[$piso] = 0;
        }
        $frecuenciaPorPiso[$piso]++;

        // Si el RSSI actual es mayor que el registrado para este piso, actualizarlo
        if ($ap['rssi'] > $rssiMaximoPorPiso[$piso]) {
            $rssiMaximoPorPiso[$piso] = $ap['rssi'];
        }

        // Si la frecuencia actual es mayor que la máxima registrada, actualizar el piso más
        // repetido
        if ($frecuenciaPorPiso[$piso] > $frecuenciaMaxima || ($frecuenciaPorPiso[$piso] ==
        $frecuenciaMaxima && $rssiMaximoPorPiso[$piso] > $rssiMaximoPorPiso[$pisoMasRepetido])) {
            $frecuenciaMaxima = $frecuenciaPorPiso[$piso];
            $pisoMasRepetido = $piso;
        }
    }

    return $pisoMasRepetido;
}

function DistanciaRSSI($rssi, $txPower, $n) {
    // $rssi: RSSI medido
    // $txPower: RSSI a 1 metro de distancia
    // $n: Factor de atenuación del camino (generalmente entre 2 y 4)
    $distance = pow(10, (($txPower - $rssi) / (10 * $n)));
    return $distance;
}

function trilateration(&$APs, &$pisoMasRepetido) {
    $selectedAPs = array();
    $txPower = -26; // a 1 metro
    $n = 2;

    // Filtrar APs por piso más repetido y que tengan RSSI
    $filteredAPs = array_filter($APs, function ($ap) use ($pisoMasRepetido) {
        return $ap['Piso'] == $pisoMasRepetido && $ap['rssi'] !== null;
    });

    // Selecciona tres APs disponibles con mejor señal (RSSI)
    foreach ($filteredAPs as $mac => $ap) {
        $dist = DistanciaRSSI($ap['rssi'], $txPower, $n);
    }
}

```

```

    $ap['distancia'] = $dist; // se guarda la distancia calculada al ap correspondiente
    $selectedAPs[$mac] = $ap; // info del ap seleccionado se guarda en ese array
    if (count($selectedAPs) == 3) {
        break;
    }
}

//echo var_dump($selectedAPs)."<br>";
if (count($selectedAPs) < 3) {
    return ['x' => -1, 'y' => -1]; //retorna -1 si no hay mínimo 3
}

$keys = array_keys($selectedAPs);

$AP1 = $selectedAPs[$keys[0]];
$AP2 = $selectedAPs[$keys[1]];
$AP3 = $selectedAPs[$keys[2]];
$X1 = $AP1['X'];
$Y1 = $AP1['Y'];
$X2 = $AP2['X'];
$Y2 = $AP2['Y'];
$X3 = $AP3['X'];
$Y3 = $AP3['Y'];

$Va = ($AP2['distancia'] ** 2 - $AP3['distancia'] ** 2 - $X2 ** 2 + $X3 ** 2 -
$Y2 ** 2 + $Y3 ** 2)/2;
$Vb = ($AP2['distancia'] ** 2 - $AP1['distancia'] ** 2 - $X2 ** 2 + $X1 ** 2 -
$Y2 ** 2 + $Y1 ** 2)/2;

$y = ($Vb*($X3 - $X2) - $Va*($X1 - $X2))/((($Y1 - $Y2)*($X3 - $X2) - ($Y3 -
$Y2)*($X1 - $X2));
$x = ($Va - $y*($Y3 - $Y2))/($X3 - $X2);

return ['x' => $x, 'y' => $y];
}

SIGEM_UV_Load_Style_Header();
$i=0;
$a[$i][0]="MENÚ";
$a[$i][1]="https://www.sigem-uv.cl/loc/home.php";
$a[$i][2]="fa fa-home";
$i++;
$a[$i][0]="DEMO TAG";
$a[$i][1]="./index.php";
$a[$i][2]="fa fa-image";
$i++;
$a[$i][0]="Cerrar sesión/";
$a[$i][1]="https://www.sigem-uv.cl/admin_sigem/close.php?redireccion=https://www.sigem-
uv.cl/loc/index.php";
$a[$i][2]="fa fa-user-circle";
SIGEM_UV_TopBar2_Sin_Buscador($a);

$s=file_get_contents("data.csv");
echo "<br><br>Direcciones MAC de APs disponibles de la ÚLTIMA TX: <br>";
echo str_ireplace("_", "<br>", $s);
echo "<br>";

TAG_Inventario('data.csv');
```

```
SIGEM_UV_BottomLine();
?>
```

## 6.16. Anexo 16: Página web de Última Transmisión para usuarios con privilegio Lector/Comentador.

The screenshot shows the SIGEM UV web interface. At the top, there is a navigation bar with 'SIGEM UV' on the left and 'MENÚ', 'DEMO TAG', and 'Cerrar sesión/' on the right. The main content area displays the following text:

Direcciones MAC de APs disponibles de la ÚLTIMA TX:  
 15/12/2023 14:29:40  
 b8:27:eb:9f:ea:e3  
 c4:72:95:65:1f:60b-34  
 00:af:1f:b6:32:1f8-52  
 c4:72:95:65:1f:60b-53  
 c4:72:95:65:8f:a0b-60  
 c4:72:95:65:89:60b-64  
 00:af:1f:b6:32:10b-65  
 00:da:55:73:a4:70b-72  
 c4:72:95:65:8f:a0b-73  
 00:af:1f:b6:2e:af0-77

Fecha: 15/12/2023 14:29:40 Direccion MAC TAG: b8:27:eb:9f:ea:e3 ID\_Inventario asociada: 1L152 ID\_Institucion asociada: 1

Direcciones MAC coincidentes con el Raspberry:  
 MAC del AP: 00:af:1f:b6:32:1f, RSSI: -52, Piso: 1  
 MAC del AP: 00:da:55:73:a4:70, RSSI: -72, Piso: 2  
 MAC del AP: c4:72:95:65:1f:6f, RSSI: -53, Piso: 1  
 MAC del AP: c4:72:95:65:89:60, RSSI: -64, Piso: 2  
 MAC del AP: c4:72:95:65:8f:af, RSSI: -73, Piso: 1  
 Piso más repetido: 1  
 Las coordenadas son: 606.94970152268, 341.00241009835

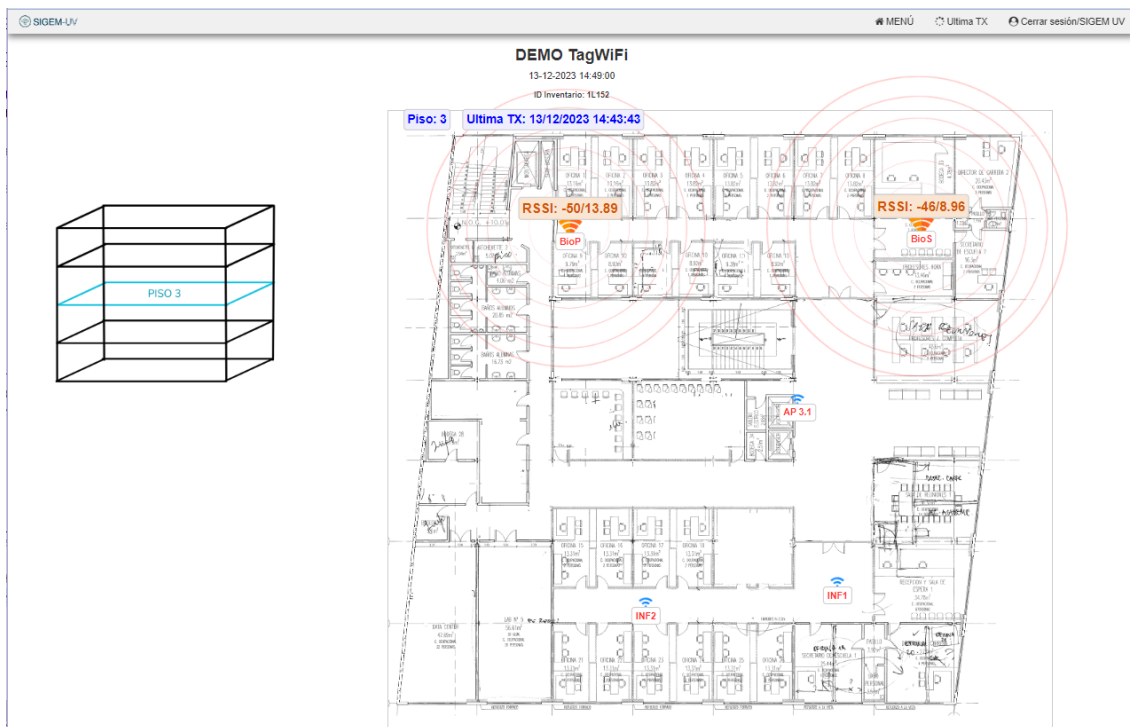
## 6.17. Anexo 17: Página web principal para usuarios con privilegio Lector/Comentador.

The screenshot shows the SIGEM UV web interface. At the top, there is a navigation bar with 'SIGEM UV' on the left and 'MENÚ', 'Ultima TX', and 'Cerrar sesión/SIGEM UV' on the right. The main content area displays the following text:

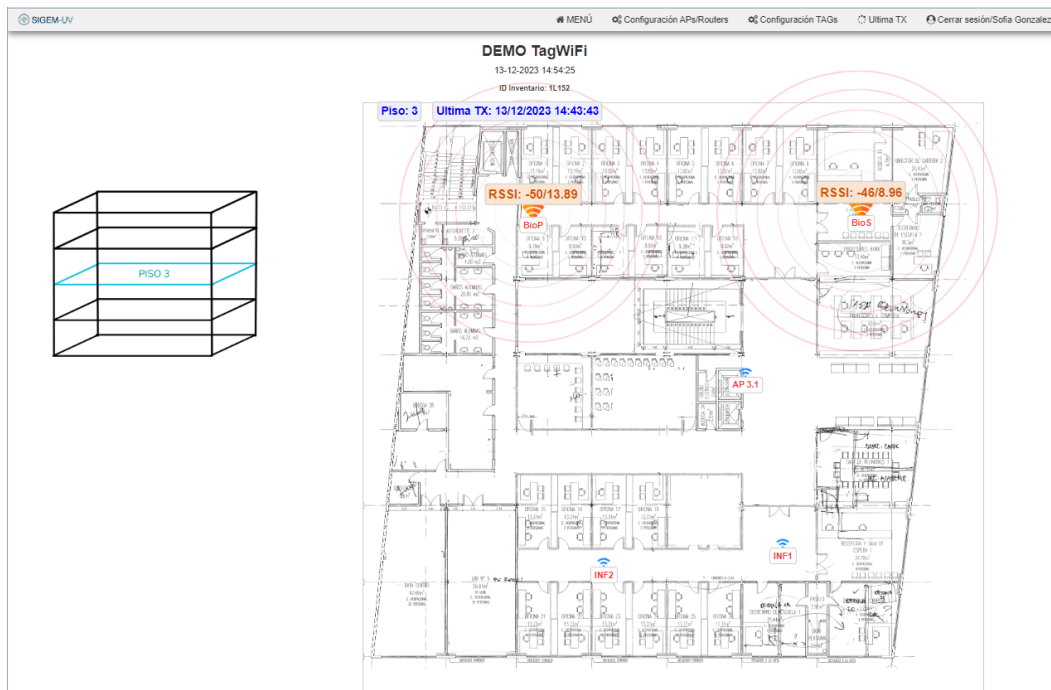
**DEMO TagWiFi**  
 Bienvenido/a SIGEM UV  
 Usted pertenece a: Universidad de Valparaíso  
 Selecciona un Dispositivo/Equipo: Reveladora de placas análoga COMPAC 2

Below the dropdown menu, there is a 'Seleccionar' button and an ellipsis '...'.

6.18. Anexo 18: Página web de mapa para usuarios con privilegio Lector/Comentador.



6.19. Anexo 19: Página web de mapa para usuarios con privilegio Administrador/Editor.



6.20. Anexo 20: Página web de Configuración APs para usuarios con privilegio Administrador/Editor al presionar Registrar APs.

The screenshot shows the 'Configuración APs' page in the SIGEM-UJV system. The header includes the logo, a home icon, 'MENÚ', 'DEMO TAG', 'Configuración TAG', and a user profile 'Cerrar sesión/Sofia Gonzalez'. A message states 'Todos los campos son obligatorios.' The main heading is 'Configuración APs' with a sub-message 'Usted pertenece a: Universidad de Valparaíso'. Below this are two buttons: 'Registrar APs' and 'Actualizar APs'. The form fields are: 'Dirección MAC:' (empty), 'Institución:' (pre-filled with 'Universidad de Valparaíso'), 'Recinto:' (empty), 'Piso:' (empty), 'Sector:' (empty), 'Nombre AP:' (empty), and '(X,Y):' (empty). A 'Registrar AP' button is at the bottom.

6.21. Anexo 21: Página web de Configuración APs para usuarios con privilegio Administrador/Editor al presionar Actualizar APs.

The screenshot shows the 'Configuración APs' page for updating. The header is identical to the previous page. A message states 'La nueva dirección MAC es obligatoria.' The main heading is 'Configuración APs' with the same sub-message. Below are two buttons: 'Registrar APs' and 'Actualizar APs'. The form fields are: 'Seleccionar Nombre AP:' (dropdown menu showing 'INF2'), 'Nueva Dirección MAC:' (empty), and an 'Actualizar AP' button.

6.22. Anexo 22: Página web de Configuración TAGs para usuarios con privilegio Administrador/Editor al presionar Registrar TAGs.

The screenshot shows the 'Configuración TAGs' page in the SIGEM-UJV system. The header includes the logo, a home icon, 'MENÚ', 'DEMO TAG', 'Configuración APs/routers', and a user profile 'Cerrar sesión/Sofia Gonzalez'. The main heading is 'Configuración TAGs' with a sub-message 'Usted pertenece a: Universidad de Valparaíso'. Below this are two buttons: 'Registrar TAGs' and 'Modificar TAG'. The form fields are: 'Seleccionar Inventario:' (dropdown menu showing 'ID: 1L160 - Nombre: (Rayos X portátil) - Serie: 13S386') and 'Dirección MAC del TAG:' (empty). A 'Registrar TAG' button is at the bottom.

## 6.23. Anexo 23: Página web de Configuración TAGs para usuarios con privilegio Administrador/Editor al presionas Modificar TAG.

## 6.24. Anexo 24: Tabla LOC\_AP con datos.

csi84990\_BD\_SIGEM\_UV.LOC\_AP: 28 filas en total (aproximadamente)

Direccion_MAC	ID_Institucion	Recinto	Piso	Sector	Nombre_AP	X	Y
00:af:1f:b6:31:60	1	Hucke	3	Informatica 2	INF2	389	741
00:af:1f:b6:32:1f	1	Hucke	1	Entrada Hucke	EH	745	378
00:af:1f:b6:32:6f	1	Hucke	2	Fuera FABLAB	Sur2	142	652
00:da:55:30:95:20	1	Hucke	5	Matematica 2	Mat2	324	193
00:da:55:73:a4:70	1	Hucke	2	Salas 204-205	Norte1	780	257
00:da:55:73:a5:10	1	Hucke	4	Construccion 2	Con2	101	749
00:da:55:73:a6:b0	1	Hucke	4	Civil 2	CI2	282	214
00:da:55:73:ab:40	1	Hucke	4	Construccion 1	Con1	701	735
00:da:55:73:ac:00	1	Hucke	4	Civil 1	CI1	694	230
00:da:55:73:ad:10	1	Hucke	2	Salas 206 - 207	Sur1	763	615
00:da:55:73:ae:60	1	Hucke	2	Sala 201	Norte2	238	257
00:da:55:73:af:d0	1	Hucke	5	Decanato	Dec	681	676
08:96:ad:b7:c6:10	1	Hucke	2	FABLAB	FAB	137	498
78:72:5d:59:12:60	1	Hucke	5	Frente Certemed	FC	153	340
b8:11:4b:2a:14:c0	1	Hucke	3	Biomedica 1	BioS	803	175
bc:c4:93:2e:99:a0	1	Hucke	3	Ascensor	AP 3.1	617	435
c4:72:95:65:1f:6f	1	Hucke	1	Auditorio	AU	598	198
c4:72:95:65:89:60	1	Hucke	2	Sala 202	AP 2.2	567	223
c4:72:95:65:8f:af	1	Hucke	1	Sala 102	AP 1.2	682	595
c4:72:95:65:92:70	1	Hucke	5	Laboratorio 501	AP 5.1	493	601
c4:72:95:80:d0:30	1	Hucke	3	Informatica 1	INF1	677	710
c4:72:95:80:d4:cf	1	Hucke	1	Sala 105	AP 1.1	241	595
c4:72:95:80:de:60	1	Hucke	2	Sala 209	AP 2.1	477	709
c4:72:95:80:e5:90	1	Hucke	3	Biomedica 2	BioP	275	178
f0:9e:63:ad:e0:00	1	Hucke	5	Matematica 1	AP 5.2	625	191

## 6.25. Anexo 25: Tabla SIGEM\_Inventario con datos.

Host: 190.107.177.44 Base de datos: csi84990\_BD\_SIGEM\_UV Tabla: SIGEM\_Inventario Datos Consulta

csi84990\_BD\_SIGEM\_UV.SIGEM\_Inventario: 388 filas en total (aproximadamente)

ID_Inventario	ID_Institucion	Nombre_Alternativo	Direccion_MAC_T...
1L162	1	Sistema digital de radiografia	999999
1L152	1	Reveladora de placas anilografía ...	b8:27:eb:9f:ea:e3
1L165	1	Mamógrafo	(NULL)
1M101	1	Espectrofotometro	(NULL)
1M103	1	Centrifuga de alta velocidad	(NULL)
1M107	1	Estufa	(NULL)

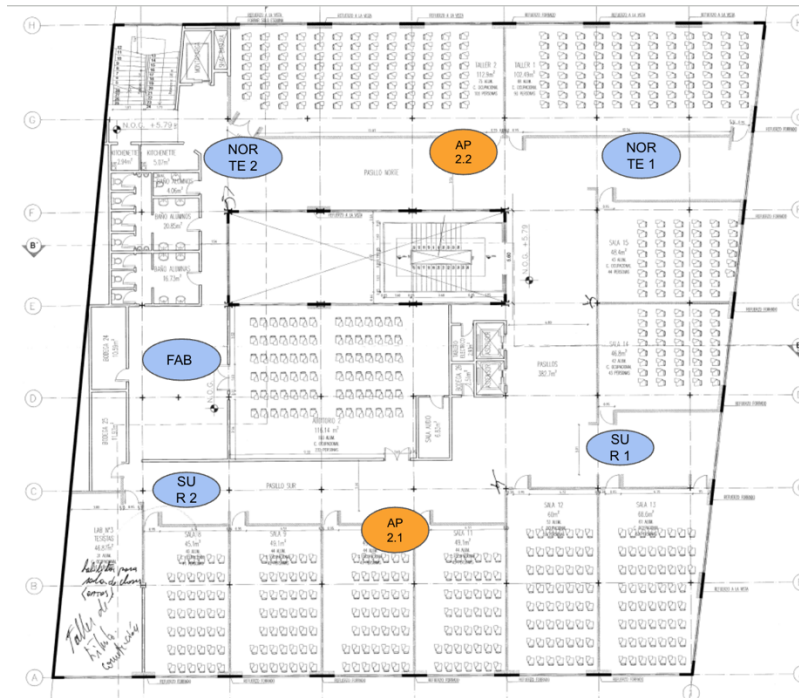
## 6.26. Anexo 26: Tabla LOC\_Historial\_TAG con datos.

ID_Historial	ID_Inventario	Fecha_Registro	Piso_Historial	X_Historial	Y_Historial
1.320	1L152	15/12/2023 14:13:20	1	-1	-1
1.321	1L152	15/12/2023 14:15:23	1	-1	-1
1.322	1L152	15/12/2023 14:17:25	1	-1	-1
1.323	1L152	15/12/2023 14:19:28	1	503	425
1.324	1L152	15/12/2023 14:21:30	1	504	424
1.325	1L152	15/12/2023 14:23:33	1	494	426
1.326	1L152	15/12/2023 14:25:35	1	506	423
1.327	1L152	15/12/2023 14:27:38	1	505	424
1.328	1L152	15/12/2023 14:29:40	1	512	418

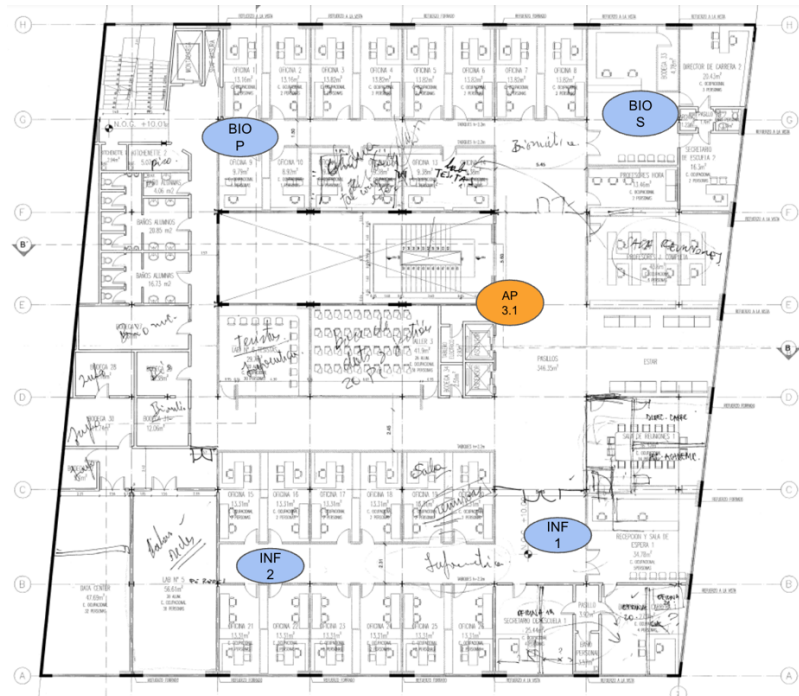
## 6.27. Anexo 27: Mapa del piso 1 Hucke con APs.



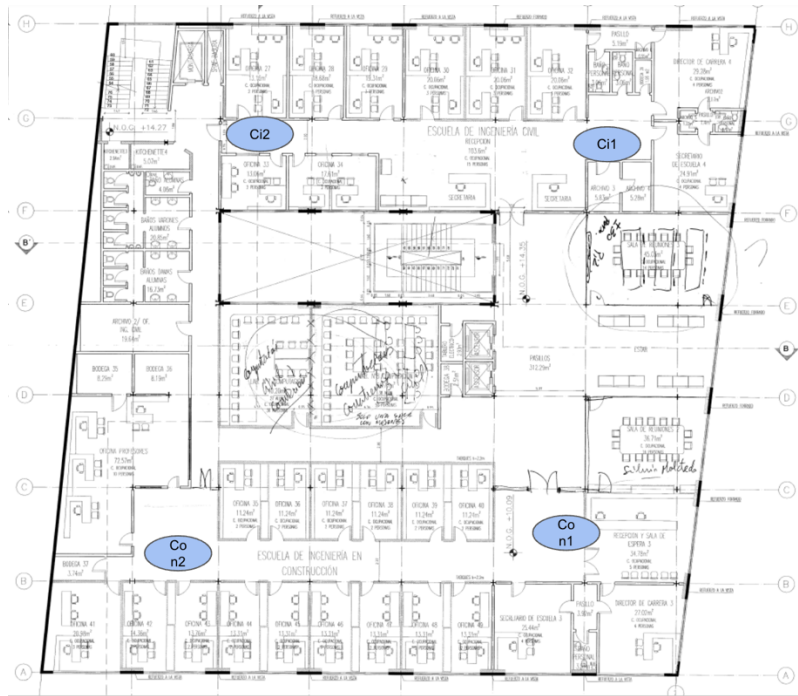
6.28. Anexo 28: Mapa del piso 2 Hucke con APs.



6.29. Anexo 29: Mapa del piso 3 Hucke con APs.



6.30. Anexo 30: Mapa del piso 4 Hucke con APs.



6.31. Anexo 31: Mapa del piso 5 Hucke con APs.

