



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones

Diseño e implementación de una red WLAN para almacenes con roaming continuo y respaldo inalámbrico para picking

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero de
Telecomunicaciones**

AUTOR

Diego Joseph MEGO GUERRERO

ASESOR

Dr. Williams Fernando ACOSTA SOLORZANO

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Mego, D. (2026). *Diseño e implementación de una red WLAN para almacenes con roaming continuo y respaldo inalámbrico para picking*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Diego Joseph Mego Guerrero
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76869624
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Williams Fernando Acosta Solorzano
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06434186
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-2473-4581
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Celso Ysidro Geronimo Huaman
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09191500
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Roberto Florentino Unsihuay Tovar
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	19944586
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Wilbert Chavez Irazabal
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08121733
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.3.5. Comunicaciones Inalámbricas
Grupo de investigación	No Aplica

Agencia de financiamiento	No Aplica
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Laboratorios SMA S.A.C País: Perú Departamento: Lima Distrito: Lurín Latitud: -12.250489 Longitud: -76.918209
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Febrero 2024 - Febrero 2025
URL de disciplinas OCDE	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN
TRABAJO DE
SUFICIENCIA PROFESIONAL
ACTA N°28/FIEE-PPP/2026

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 08 de Mayo del 2026, como presidente de Jurado el **DR. CELSO YSIDRO GERONIMO HUAMAN**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. WILBERT CHAVEZ IRAZABAL**, el Miembro de Jurado el **MG. ROBERTO FLORENTINO UNSIHUAY TOVAR** y Miembro Asesor el **DR. WILLIAMS FERNANDO ACOSTA SOLORZANO**.

Después de escuchar la Sustentación Presencial del Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **DIEGO JOSEPH MEGO GUERRERO** con código 15190091 que para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED WLAN PARA ALMACENES CON ROAMING CONTINUO Y RESPALDO INALÁMBRICO PARA PICKING**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió otorgarle el calificativo de 18 (Dieciocho).

Ciudad Universitaria, 08 de mayo del 2026

DR. CELSO YSIDRO GERONIMO HUAMAN
Presidente Jurado

MG. WILBERT CHAVEZ IRAZABAL
Miembro Jurado

MG. ROBERTO FLORENTINO UNSIHUAY TOVAR
Miembro Jurado

DR. WILLIAMS FERNANDO ACOSTA SOLORZANO
Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo , **WILLIAMS FERNANDO ACOSTA SOLORZANO** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen N°31/FIEE-PPP/2026 del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED WLAN PARA ALMACENES CON ROAMING CONTINUO Y RESPALDO INALÁMBRICO PARA PICKING**, presentado por el bachiller **DIEGO JOSEPH MEGO GUERRERO**, para optar el título profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 3% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones.

Lima, 08 de Mayo del 2026

Firma del Asesor

DNI: 06434186.

Nombres y apellidos del asesor:

WILLIAMS FERNANDO ACOSTA SOLORZANO

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis adorados padres José e Irene, por su amor, su paciencia y por empujarme siempre a ir un paso más, estaré por siempre eternamente agradecido.

A la empresa Omnisys, por la confianza y la oportunidad de aprender continuamente; este proyecto también es suyo.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo de Omnisys, al área de preventa y Delivery, por el soporte técnico y la buena disposición para contrastar mi diseño con la puesta en producción.

Y a mi amada familia, por la paciencia, el ánimo y las ganas de siempre seguir mejorando.

RESUMEN

El presente trabajo aborda la necesidad de conectividad Wi-Fi continua en los almacenes de Laboratorios SMA para sostener el proceso de picking con pistolas lectoras y el envío inmediato de datos a la nube. El objetivo fue diseñar e implementar una WLAN industrial con backhaul cableado y respaldo mediante malla inalámbrica, orientada a garantizar cobertura homogénea y roaming continuo.

La metodología comprendió el levantamiento de condiciones físicas y operativas del almacén, el modelado sobre planos, la simulación RF en 2.4 y 5 GHz con canales de 20 MHz, la definición del plan de canales y potencias, la habilitación de 802.11k/11v/11r y la validación mediante pruebas de campo con métricas de RSSI, SNR, latencia, pérdida y tiempos de traspaso durante recorridos reales de picking.

Los resultados evidenciaron niveles de señal iguales o superiores a -65 dBm en pasillos críticos, SNR mayor o igual a 25 dB, handoffs inferiores a 150 ms y transmisión estable hacia la nube en movimiento. Se concluye que la solución implementada es adecuada, escalable y gestionable para la operación diaria del cliente.

Palabras clave: Roaming continuo, WLAN industrial, Backhaul Wi-Fi, picking por código de barras, almacenes, Ubiquiti, Ekahau.

ABSTRACT

This work addresses the need for continuous Wi-Fi connectivity in the warehouses of Laboratorios SMA to support the picking process with barcode scanners and the immediate transmission of data to the cloud. The objective was to design and implement an industrial WLAN with wired backhaul and wireless mesh backup, aimed at ensuring homogeneous coverage and seamless roaming.

The methodology included the survey of the warehouse's physical and operational conditions, floorplan modeling, RF simulation in 2.4 and 5 GHz using 20 MHz channels, definition of the channel and power plan, enablement of 802.11k/11v/11r, and validation through field tests using RSSI, SNR, latency, packet loss, and handoff time measurements during actual picking routes.

The results showed signal levels equal to or greater than -65 dBm in critical aisles, SNR greater than or equal to 25 dB, handoffs below 150 ms, and stable transmission to the cloud while moving. It is concluded that the implemented solution is suitable, scalable, and manageable for the client's daily operation.

Keywords: Continuous roaming, industrial WLAN, Backhaul Wi-Fi, barcode picking, warehouses, Ubiquiti, Ekahau.

INDICE GENERAL

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE GENERAL	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1 Institución – Actividad que desarrolla	3
2.2 Periodo de duración de la actividad	3
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad	3
2.4 Razón Social	3
2.5 Dirección Postal	3
2.6 Nombre y correo electrónico del personal a cargo	4
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
3.1 Organización de la actividad	5
3.2 Finalidad y objetivos de la actividad	7
3.2.1 Finalidad	7
3.2.2 Objetivos	7
3.3 Problemática	8
3.3.1 Problema General	8
3.3.2 Problemas Específicos	8
3.3.3 Justificación e importancia de la investigación	8
3.4 Metodología	10
3.4.1 Bases Teóricas	10

3.4.2	Marco conceptual	12
3.4.3	Acrónimos	16
3.4.4	Glosario	19
3.4.5	Descripción técnica de la solución implementada	21
3.5	Procedimiento	23
3.5.1	Fase de diseño	23
3.5.2	Equipamiento propuesto	28
3.5.3	Estudio de cobertura	33
3.5.4	Dimensionamiento de cantidad de equipos y materiales	40
3.5.5	Site survey activo sede Lurín Laboratorios SMA	44
3.5.6	Parámetros de configuración de la solución	48
3.6	Resultado de la actividad	53
3.6.1	Estado general del dashboard UNIFI	53
3.6.2	Distribución de señal y densidad de celdas	54
3.6.3	Inventario y estados de puntos de acceso	54
3.6.4	Utilización de canal y salud de radio	55
3.6.5	Clientes conectados y experiencia	58
3.6.6	Roaming y continuidad de sesión	58
3.6.7	Estabilidad de la red cableada	59
3.6.8	Respaldo y continuidad operativa	60
4.	CAPÍTULO IV: DISCUSION DE RESULTADOS	61
4.1	Descripción de la implementación	61
4.2	Evaluación económica	62
	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	68
	CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	69
	CAPÍTULO VII: REFERENCIAS	70
	CAPÍTULO VIII: ANEXOS	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama implementación WLAN.	6
Figura 2 Ubicación geográfica Laboratorios SMA.	6
Figura 3 Tipos de Redes Inalámbricas WI-FI.	13
Figura 4 Tipos de bandas Inalámbricas WI-FI.	14
Figura 5 Roaming en redes WI-FI.	15
Figura 6 Sede Lurín Laboratorios SMA Piso 1.	24
Figura 7 Sede Lurín Laboratorios SMA Piso 2.	24
Figura 8 Gabinete principal de telecomunicaciones.	25
Figura 9 Pasillo de Almacén de Productos Terminados.	26
Figura 10 Switch Core Ubiquiti USW-Pro-24-PoE.	28
Figura 11 Switch Secundario Ubiquiti USW-Ultra-210W.	29
Figura 12 Access Point Ubiquiti UAP-AC-PRO.	31
Figura 13 Controlador CloudKey UniFi.	32
Figura 14 Cobertura en 2.4GHz Piso 1.	34
Figura 15 Cobertura en 5GHz Piso 1.	35
Figura 16 Ubicación de Aps Ubiquiti UAP-AC-PRO Piso 1.	36
Figura 17 Cobertura en 2.4GHz Piso 2.	36
Figura 18 Cobertura en 5GHz Piso 2.	37
Figura 19 Ubicación de Ap Ubiquiti UAP-AC-PRO Piso 2.	38
Figura 20 Ubicación Final de Aps Piso 1.	39
Figura 21 Ubicación Final de Aps Piso 2.	39
Figura 22 Implementación Cableado Estructurado	41
Figura 23 Rutas de Cableado Piso 1.	41
Figura 24 Rutas de Cableado Piso 2.	42
Figura 25 Zona de cobertura en 2.4GHz.	45
Figura 26 Zona de cobertura en 5GHz.	45

Figura 27 Topología Laboratorios SMA sede Lurín.	46
Figura 28 Controladora Unifi SMA.	50
Figura 29 Plan de canales. Fuente.	51
Figura 30 Parámetros Wi-Fi.	52
Figura 31 Overview Dashboard UniFi.	53
Figura 32 AP Deployment Density Dashboard UniFi.	54
Figura 33 AP Parámetros.	56
Figura 34 Channel Usage.	57
Figura 35 Continuidad de Roaming para un Endpoint.	59
Figura 36 Conectividad backbone.	60
Figura 37 Recopilación Backup.	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Umbrales de conexión óptima en la tecnología inalámbrica	14
Tabla 2 Disposición de actividades entre el integrador, el ISP y el cliente	23
Tabla 3 Cantidad de usuarios por zona	26
Tabla 4 Rango de operación 2.4GHz Piso 1	34
Tabla 5 Rango de operación 5GHz Piso 1	35
Tabla 6 Rango de operación 2.4GHz Piso 2	37
Tabla 7 Rango de operación 5GHz Piso 2	37
Tabla 8 Tabla de cantidades de puntos de red y fibra	42
Tabla 9 Tabla de cantidades de componentes de la FO preconectorizada	42
Tabla 10 Tabla de cantidades de componentes del cableado estructurado	43
Tabla 11 Tabla de cantidades de componentes de ductería	43
Tabla 12 Lista de equipos	49
Tabla 13 Tabla de ubicación de switches	50
Tabla 14 Tabla de Vlan	50
Tabla 15 Tabla de SSID	50
Tabla 16 Tabla clientes activos	51
Tabla 17 DHCP Manager	52
Tabla 18 Control Plane	52
Tabla 19 Data APs conexiones	55
Tabla 20 Conexión y calidad de señal	58
Tabla 21 Costo de equipamiento	63
Tabla 22 Costo Fibra Optica	63
Tabla 23 Costo Cableado Estructurado	64
Tabla 24 Costo Ductería	64
Tabla 25 Costo Total	65
Tabla 26 Costo Soporte	65

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Las operaciones cotidianas en un entorno de almacén, como el de Laboratorios SMA, dependen del desplazamiento constante de personal, carretillas y maquinaria a través de los pasillos. En este contexto, la información asociada al proceso de picking debe transmitirse en tiempo real hacia las aplicaciones en la nube. Cuando la conexión Wi-Fi presenta interrupciones, aunque sean breves, se generan reintentos, registros incompletos y tiempos muertos que afectan la preparación de pedidos y la continuidad operativa del personal en planta. Bajo esta premisa, el proyecto tiene como finalidad asegurar una conectividad inalámbrica continua, capaz de acompañar al operador mientras se desplaza por todo el almacén sin perder conectividad.

El reto de diseñar e implementar este proyecto representa un desafío significativo. Un almacén es un entorno hostil para la radiofrecuencia: estanterías metálicas, cambios de altura, pasillos estrechos, materiales que absorben o reflejan la señal, anaqueles en constante cambio, picos de usuarios en ventanas muy concretas del día. Además, no basta con tener una señal óptima; el sistema debe mantener la sesión de cada pistola sin cortes al cambiar de pasillo, con latencias bajas y sin pérdidas que obliguen a repetir lecturas. En otras palabras, la red no solo debe cubrir, debe sostener el movimiento con roaming fluido.

Bajo esta premisa, el objetivo general fue diseñar e implementar una red Wi-Fi para los almacenes de Laboratorios SMA basada en una arquitectura con backhaul cableado y respaldo mediante malla inalámbrica lo cual brinda una gestión centralizada que garantice continuidad operativa del picking por parte

del personal en planta. Se plantearon objetivos específicos ligados a cobertura, calidad y movilidad donde se define un plan de canales y potencias en 2.4 y 5 GHz que reduzca interferencia co-canal; habilitar funciones de asistencia al roaming (802.11k/11v/11r) y políticas de acceso que prioricen la red 5 GHz; y validar en campo sobre las rutas reales de picking en donde la conexión se mantenga estable mientras el usuario se desplaza.

El estudio se desarrolló en tres fases. Primero, el relevamiento técnico en sitio: planos, materiales constructivos, zonas críticas, densidad de dispositivos y horarios de mayor tráfico. Segundo, el diseño y la parametrización: simulación RF en la herramienta EKAHAU, selección de anchos de canal, potencia por AP y segmentación lógica (SSIDs/VLAN) con seguridad acorde al entorno. Tercero, la verificación en sitio: pruebas de cobertura y calidad (RSSI/SNR), mediciones de latencia y pérdida, y seguimiento de eventos de traspaso entre puntos de acceso. Todo se gestionó y documentó desde el dashboard de Ubiquiti (UniFi), que además queda como herramienta de operación y mejora continua.

2. CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución – Actividad que desarrolla

Omnisys S.A. – Especialista Pre-Venta Redes y Seguridad – Departamento de Pre-Venta.

2.2 Periodo de duración de la actividad

Las actividades del presente proyecto se realizaron desde septiembre del 2024 hasta octubre del 2024.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

OMNISYS es una empresa Peruana, líder en la provisión de soluciones de tecnología de la información y comunicaciones, cuenta con una trayectoria de más de 8 años que le ha permitido alcanzar una exitosa experiencia en la integración de tecnologías innovadoras, aportando durante este tiempo, diferentes soluciones y servicios para empresas de sector telco y corporativo..

2.4 Razón Social

RUC: 20522239209 - OMNISYS SAC

2.5 Dirección Postal

Dirección Legal: Av. Primavera 1796 – Oficina 302, Santiago de Surco

2.6 Nombre y correo electrónico del personal a cargo

El profesional encargado del área de Pre-Venta es el Ing. Leonel Requena Fernández, cuyo correo: leonel.requena@omnisys.pe

3. CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la actividad.

La actividad se desarrolló bajo la supervisión del Ing. Leonel Requena Fernández, profesional a cargo del área de Pre-Venta de Omnisys S.A.C en cuatro etapas: levantamiento de información, diseño, implementación y validación. En la fase inicial se revisaron planos, rutas de picking, materiales constructivos y equipamiento de red, definiéndose además los criterios de aceptación del proyecto, como RSSI ≥ -65 dBm, SNR ≥ 25 dB, handoff < 150 ms y pérdida < 1 %.

Posteriormente, se realizó el diseño técnico mediante un estudio de cobertura en Ekahau, definiendo la ubicación de los AP, el plan de canales y potencias, la segmentación por SSID/VLAN y la habilitación de funciones 802.11k/11v/11r con prioridad en 5 GHz. Luego se ejecutó la instalación de la solución y la adopción de los equipos en la plataforma UniFi.

Finalmente, la validación incluyó pruebas de recorrido en rutas reales, con medición de RSSI, SNR, latencia, pérdida y eventos de roaming. Al cierre del proyecto se entregaron al cliente los planos, la parametrización documentada y el reporte técnico con recomendaciones. El cliente realizó sus pruebas de conectividad en las zonas donde la solución fue implementada brindando su conformidad de la entrega del servicio.

En la Figura 1 se muestra el Organigrama funcional de la actividad desarrollada.

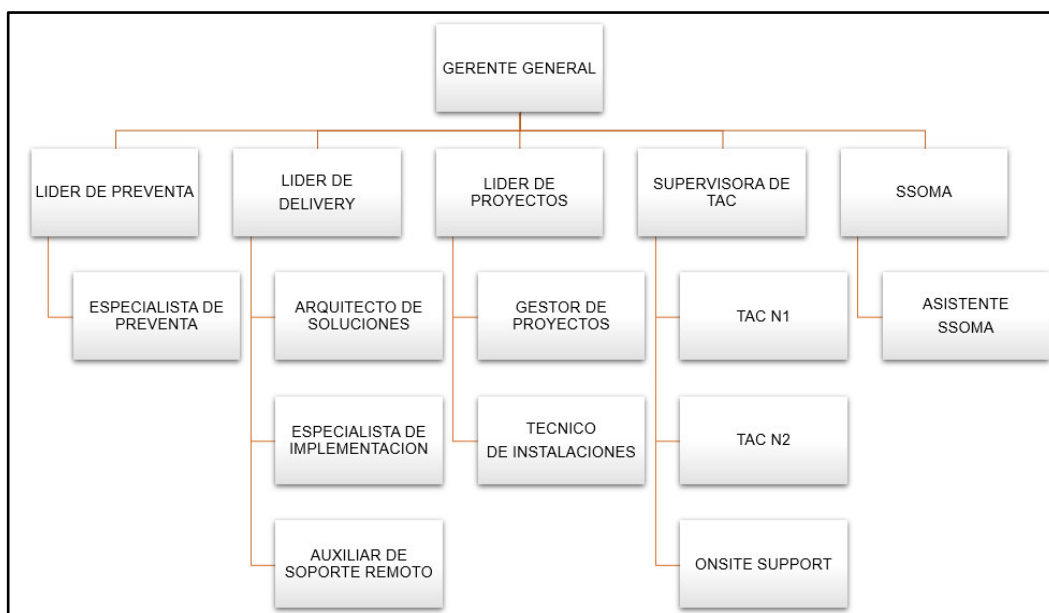


Figura 1 Organigrama implementación WLAN. Fuente. Proyectos Omnisys

En la Figura 2 se muestra la ubicación de la sede principal de Laboratorios SMA.



Figura 2 Ubicación geográfica Laboratorios SMA. Fuente. Google Earth

3.2 Finalidad y objetivos de la actividad

3.2.1 Finalidad

El presente trabajo tiene como finalidad garantizar que el proceso de picking por parte de los trabajadores de los almacenes de Laboratorios SMA se mantenga continuo y confiable mientras el personal realiza su recorrido por los pasillos, proporcionando una red Wi-Fi con cobertura homogénea y roaming sin cortes que asegure el envío inmediato de datos a la nube del cliente. La solución se orienta a reducir reintentos y tiempos muertos, bajar la latencia percibida por las pistolas lectoras y sostener la operación diaria aun en picos de tráfico por parte del cliente. Además, tiene como objetivo dejar una infraestructura escalable y gestionable (canales, potencias, 802.11k/11v/11r y políticas por SSID/VLAN) que sirva de base para futuras ampliaciones y trazabilidad técnica desde el dashboard UniFi de Ubiquiti.

3.2.2 Objetivos

3.2.2.1 Objetivo general. Diseñar e implementar una red Wi-Fi para los almacenes de Laboratorios SMA que garantice conectividad continua y roaming sin cortes durante el proceso de picking por parte del cliente, asegurando cobertura homogénea y latencia baja para el envío confiable de datos a la nube del cliente, con gestión centralizada a través de la plataforma UniFi y capacidad de escalabilidad en su red.

3.2.2.2 Objetivos específicos.

1. Garantizar el roaming continuo de las pistolas de picking del cliente habilitando protocolos inalámbricos como 802.11k/11v/11r, política de RSSI mínimo y preferencia por 5 GHz, con tiempo de traspaso menor a 150 ms.

2. Asegurar cobertura y calidad de radio frecuencia mediante ubicación óptima de los Access Points y plan de canales/potencias (20 MHz en 2.4/5 GHz), logrando RSSI ≥ -65 dBm y SNR ≥ 25 dB en pasillos críticos.
3. Validar y sostener el desempeño con pruebas de campo en rutas reales (pérdida $< 1\%$ y latencia estable a la nube) y telemetría desde el dashboard UniFi para operación y mejora continua.

3.3 Problemática

3.3.1 Problema General

¿Cómo garantizar mediante una red Wi-Fi el roaming continuo y el envío en tiempo real de datos de picking hacia la nube en los almacenes de Laboratorios SMA?

3.3.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo garantizar el handoff de las pistolas de picking entre Access Points sin presentar cortes, con tiempos de traspaso mínimos?
- ¿Cómo lograr y sostener cobertura y calidad RF en pasillos críticos minimizando interferencias?
- ¿Cómo asegurar latencia estable y pérdida menor durante el movimiento de los trabajadores para el envío de datos en tiempo real a la nube?

3.3.3 Justificación e importancia de la investigación

El presente estudio se origina a partir de un problema operativo muy concreto, las pérdidas de conexión durante el picking por parte del personal del cliente y se aborda con criterios académicos como formular objetivos claros, diseñar una solución escalable y validar resultados con métricas a través de la plataforma UniFi.

La importancia radica en que vincula teoría de redes inalámbricas (planificación RF, 802.11k/11v/11r, SNR/RSSI, canalización de 20 MHz) con la realidad de un almacén en producción. Para la formación en telecomunicaciones, un caso así permite pasar de conceptos de aula a decisiones de diseño, parametrización y prueba en un entorno industrial. Además, deja un registro verificable (planos, configuraciones y evidencias de dashboard) que puede servir como referencia para futuros proyectos.

Justificación por Conveniencia: El presente proyecto tiene como objetivo asegurar la continuidad de datos en el proceso de picking, reducir reintentos y tiempos muertos, y establecer lineamientos de escalabilidad. Aporta una guía práctica con umbrales y procedimientos—que cualquier equipo puede aplicar para mantener la red estable en operación.

Justificación social: El presente proyecto tiene como objetivo mejorar la continuidad de entrega de información hacia la nube y con menos errores; donde se beneficiarán los trabajadores (menos repeticiones y esperas), la empresa y, finalmente, los clientes que reciben pedidos a tiempo.

Justificación práctica: Resuelve un problema real de movilidad y latencia, con implicaciones para otras operaciones de almacén (recepción, despacho, inventarios). El procedimiento de pruebas e indicadores permiten diagnosticar y ajustar redes existentes sin detener la operación.

Justificación teórica: El presente proyecto aporta evidencia aplicada sobre cómo la combinación de planificación RF, canalización de canales para evitar solapamiento, control de potencia y la estabilidad del enlace en movimiento. Los resultados se pueden generalizar como buenas prácticas para entornos industriales.

Justificación económica: La continuidad del servicio reduce reprocesos y soporte reactivo, mejora el rendimiento por turno y evita paradas por incidencias de Wi-Fi. La inversión se recupera al disminuir tiempos

improductivos y errores en despacho; además, la arquitectura es escalable, lo que evita compras y rediseños innecesarios.

Justificación técnica: El presente proyecto se justifica ya que contribuye a mejorar la funcionalidad inalámbrica a través del monitoreo y configuración de equipos de red, reduciendo las incidencias y errores mediante optimización del entorno lógico de los equipos.

Justificación metodológica: El presente proyecto entrega instrumentos de levantamiento y validación como plantilla de walking test por rutas de picking en los pasillos del almacén de Laboratorios

SMA, uso sistemático de métricas (SNR, pérdida, latencia, eventos de roaming) y criterios de aceptación. Esto mejora la forma de medir variables de movilidad y calidad de enlace y facilita comparar un antes y después en futuras intervenciones.

3.4 Metodología

La metodología empleada establece las actividades mínimas requeridas, por equipamiento, tecnología y complejidad de red, para que se realice la instalación, configuración y operación exitosa del conjunto de equipos Ubiquiti como switches, APs y controlador, con la finalidad de que se permita a los trabajadores del almacén poder utilizar la red Wi-Fi sin cortes y con una velocidad óptima de envío de tráfico hacia la nube.

3.4.1 Bases Teóricas

Díaz Garzón (2022) analizó el diseño de una WLAN Wi-Fi 6E orientada a escenarios de alta concurrencia, comparando el desempeño de la banda de 6 GHz frente a 2.4 y 5 GHz en términos de capacidad, disponibilidad de canales y mitigación de interferencias. El estudio también consideró criterios de selección de canales, anchos de banda, políticas de potencia y condiciones

de coexistencia. Como conclusión, el autor señala que la banda de 6 GHz mejora la experiencia del usuario en escenarios de alta densidad, debido a su mayor disponibilidad espectral y menor saturación, favoreciendo una cobertura homogénea y una mejor eficiencia espectral.

Carracedo Iglesias (2021) propuso un diseño Wi-Fi orientado a escenarios con alta concentración de usuarios y picos de aforo. El estudio enfatizó la reutilización de canales en 5 GHz, el control de potencia por celda y la reducción de interferencia co-canal, incorporando además criterios de planificación de capacidad, ubicación precisa de puntos de acceso y validación posterior mediante métricas de cobertura y calidad en pasillos y auditorios. El autor concluyó que un diseño de alta densidad requiere equilibrar cobertura y capacidad, minimizando la interferencia mediante una adecuada canalización y ajuste de potencia.

Castillo (2020) planteó el diseño de una WLAN de acceso público para una zona turística, a partir de un levantamiento de campo, modelado RF y estimación de capacidad por usuario y por punto de acceso. El estudio presentó el dimensionamiento de ubicaciones, el plan de canales y la validación mediante pruebas en sitio, incorporando además un presupuesto de implementación y operación. Entre sus conclusiones, el autor señaló que una correcta planificación de cobertura, capacidad y segmentación permite sostener un servicio inalámbrico eficiente en entornos con tránsito peatonal constante.

Carracedo Iglesias (2021) propuso un diseño Wi-Fi orientado a escenarios con alta concentración de usuarios y picos de aforo. El estudio enfatizó la reutilización de canales en 5 GHz, el control de potencia por celda y la reducción de interferencia co-canal, incorporando además criterios de planificación de capacidad, ubicación precisa de puntos de acceso y validación posterior mediante métricas de cobertura y calidad en pasillos y auditorios. El autor concluyó que un diseño de alta densidad requiere equilibrar cobertura y capacidad, minimizando la interferencia mediante una adecuada canalización y ajuste de potencia.

Lamiño Morales (2021) estudió el comportamiento de Wi-Fi 6 en pruebas de laboratorio y simulación. El autor midió mejoras de throughput y eficiencia espectral mediante tecnologías como MU-MIMO y OFDMA, comparando su rendimiento con generaciones previas bajo diferentes cargas y modulaciones. Asimismo, evaluó métricas de RSSI, SNR, latencia y pérdidas, discutiendo parámetros de configuración que contribuyen a estabilizar el rendimiento en escenarios de alta densidad. Como conclusión, el estudio evidenció que una correcta parametrización de redes 802.11ax mejora significativamente la experiencia del usuario cuando existe una alta concurrencia de clientes.

Lamiño Morales (2021) estudió el comportamiento de Wi-Fi 6 en pruebas de laboratorio y simulación. El autor midió mejoras de throughput y eficiencia espectral mediante tecnologías como MU-MIMO y OFDMA, comparando su rendimiento con generaciones previas bajo diferentes cargas y modulaciones. Asimismo, evaluó métricas de RSSI, SNR, latencia y pérdidas, discutiendo parámetros de configuración que contribuyen a estabilizar el rendimiento en escenarios de alta densidad. Como conclusión, el estudio evidenció que una correcta parametrización de redes 802.11ax mejora significativamente la experiencia del usuario cuando existe una alta concurrencia de clientes.

3.4.2 Marco conceptual

La tecnología WLAN (IEEE 802.11) se organiza en celdas o BSS (cada una atendida por un AP), estas celdas con la misma SSID y políticas forman un ESS (Extended Service Set o Conjunto de Servicios Extendidos). El controlador (UniFi) orquesta canales a través del UniFi Key instalado en el switch core de la sede Lurín de Laboratorios SMA el cual mide potencias y políticas de roaming para que las pistolas de picking crucen de una celda a otra sin perder conexión. En almacenes, lo clave no es ver una señal óptima sino mantener la sesión estable mientras se camina por los pasillos.

En la Figura 3 se muestra un resumen de las 02 maneras básicas de conexión Wi-Fi.

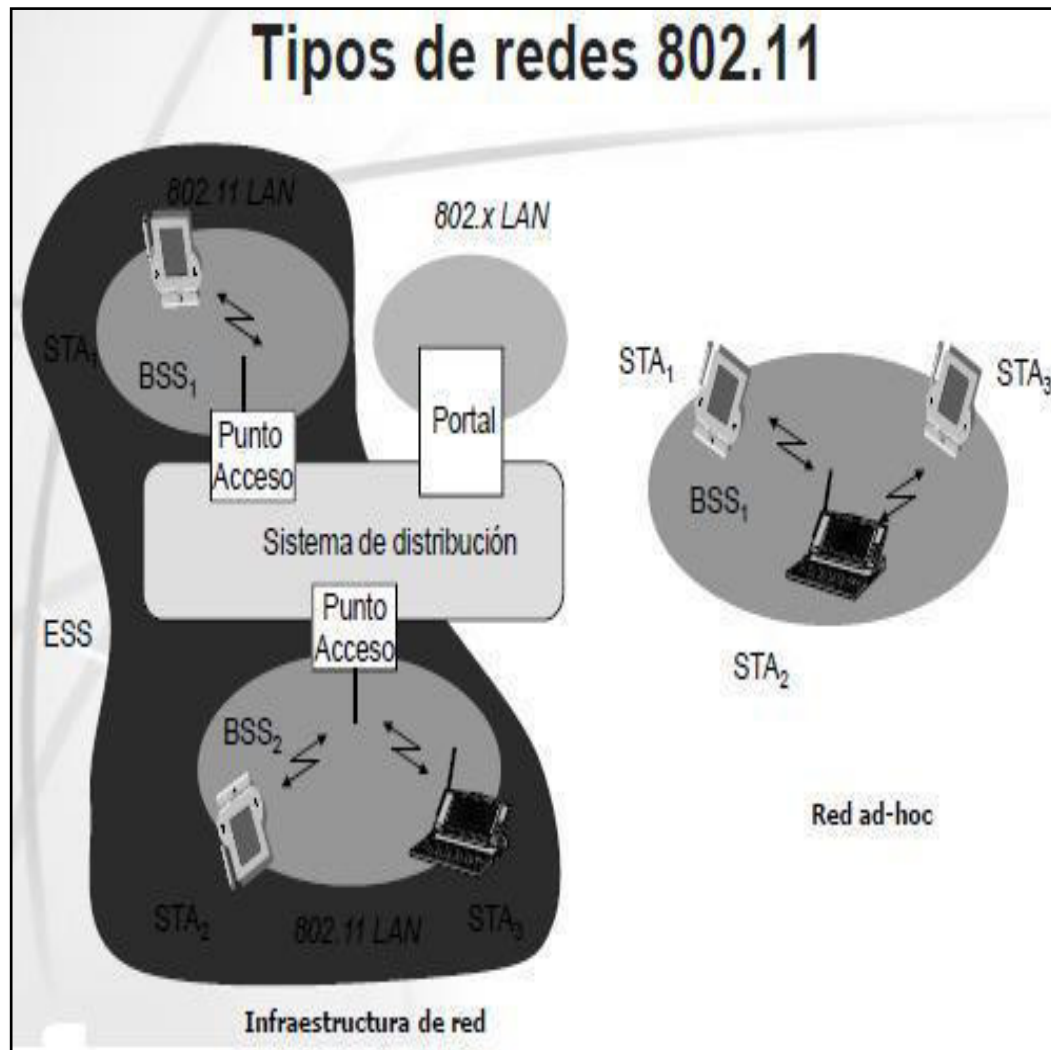


Figura 3 Tipos de Redes Inalámbricas WI-FI. Fuente. Actives Net (2025)

Para las bandas de propagación en un entorno conflictivo como es un almacén se opta en mayor escala por la banda 2.4 GHz hay más alcance y penetración, pero solo 3 canales no solapados (1/6/11) y mayor saturación; en 5 GHz hay más canales y menos interferencia, ideal para movilidad con ancho de canal de 20 MHz. Las estanterías metálicas absorben/reflectan; los pasillos actúan como guías que pueden amplificar o degradar según potencia y posición del AP. En este contexto, colocar AP mirando al pasillo, limitar potencias y planificar reutilización de canal es decisivo.

En la Figura 4 se muestra un resumen las diferencias entre las bandas 2.4 GHz y 5 GHz.

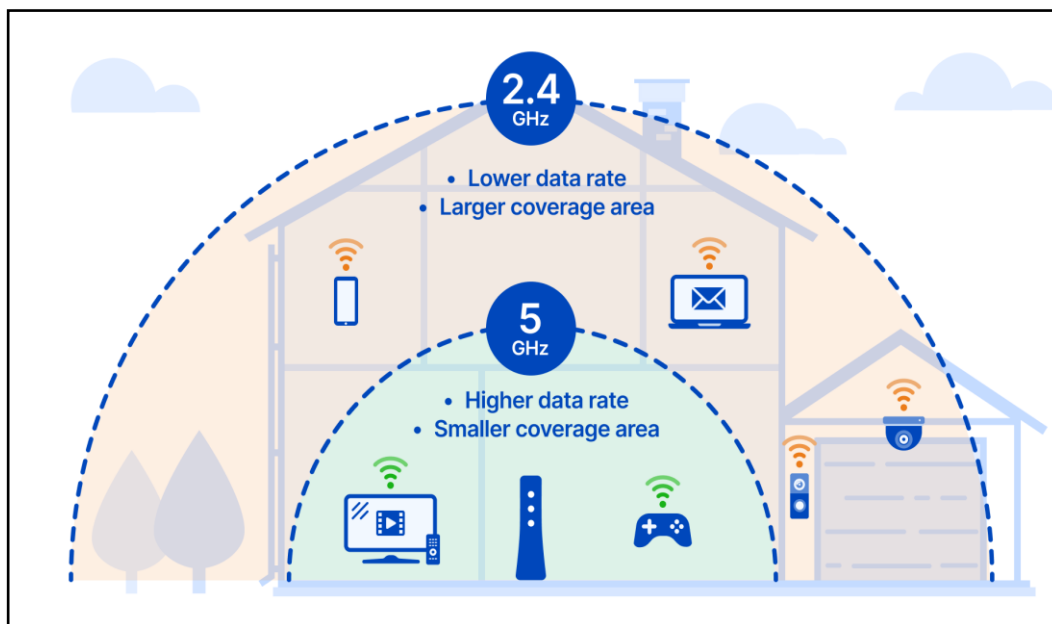


Figura 4 Tipos de bandas Inalámbricas WI-FI. Fuente. Win.pe (2018)

El RSSI (dBm) indica potencia recibida; la SNR (dB) mide cuánta señal útil hay frente al ruido. Juntas determinan la modulación y codificación (MCS) y, en consecuencia, brinda una data más real al entorno implementado. Por ende, si hay mucha contención (co-canal o adyacente), la red tiende a un solapamiento, aunque el RSSI sea bueno. Para picking en movimiento se trabaja con valores óptimos con $\text{RSSI} \geq -65 \text{ dBm}$ y $\text{SNR} \geq 25 \text{ dB}$; caso contrario suben retransmisiones y latencia.

Tabla 1 Umbrales de conexión óptima en la tecnología inalámbrica

Métrica	Umbrales objetivo	Notas
Cobertura (RSSI)	$\geq -65 \text{ dBm}$ (preferible -67 dBm en zonas críticas)	Base para modulaciones estables en movimiento.
SNR	$\geq 25 \text{ dB}$	Debajo de 20 dB el desempeño cae rápido.
Pérdida de paquetes (PER)	$\leq 1\%$	Transferencia de paquetes optimas.
Latencia (RTT) en recorrido	$\leq 150 \text{ ms}$	Transferencia de trafico optimo en tiempo real.
Tiempo de handoff	$< 150 \text{ ms}$ (ideal $< 100 \text{ ms}$)	Roaming entre los diferentes endpoints del cliente.
Solape de celdas	15–20%	Facilita roaming sin falta de cobertura.

Fuente. Datos tomados de la plataforma Unifi (2015).

Para que el handoff sea corto, el cliente debe saber a dónde ir y conectarse rápidamente lo cual puede incurrir en desconexiones por ende se trabaja con la tecnología roaming el cual permitirá al cliente tener una conexión automática al access point más cercano. A esto se suman políticas del lado

de la red, preferir 5 GHz al contar con más canales, fijar RSSI mínimo para evitar solapamientos que se quedan en el AP anterior. Todo debe ser homogéneo e integrado misma SSID, seguridad y VLAN en el ESS.

En la Figura 5 se muestra un resumen del Fast roaming dinámico entre puntos de acceso en redes Wi-Fi.

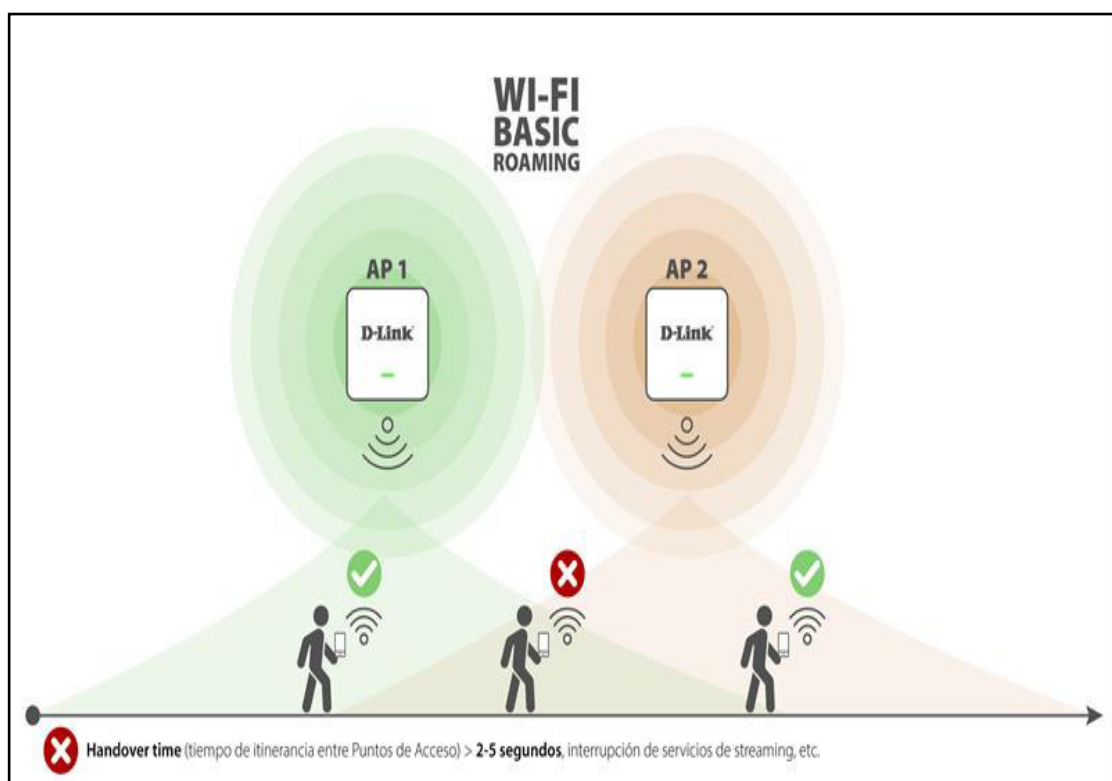


Figura 5 Roaming en redes WI-FI. Fuente. D-Link (2012)

Protocolos: Se usaron los estándares de la IEEE 802.11 en 2.4 y 5 GHz con canales de 20 MHz, habilitando 802.11k/802.11v/802.11r para optimizar el roaming y 802.11e/WMM para priorización de tráfico. La seguridad se configuró con WPA2/WPA3 (y 802.1X cuando corresponde), mientras que la segmentación de servicios se implementó mediante VLAN (IEEE 802.1Q). La red de transporte operó sobre IPv4 con DHCP y DNS, y para las verificaciones se usó ICMP (ping) junto con telemetría del controlador UniFi Key. El acceso cableado cumplió IEEE 802.3 con alimentación PoE (802.3af/at) a los access points y, en 5 GHz, se consideraron canales DFS cuando el entorno lo permitió.

3.4.3 Acrónimos

- AP (Access Point): Punto de acceso Wi-Fi que crea la celda (BSS) y conecta clientes a la LAN.
- WLAN (Wireless LAN): Red local inalámbrica basada en la familia IEEE 802.11.
- BSS (Basic Service Set): Celda atendida por un AP; su identificador es el BSSID.
- BSSID (Basic Service Set ID): MAC del radio del AP que identifica una celda.
- ESS (Extended Service Set): Conjunto de varias celdas con la misma SSID y políticas para permitir roaming.
- SSID (Service Set Identifier): Nombre de la red Wi-Fi visible para los clientes.
- RSSI (Received Signal Strength Indicator): Potencia recibida en dBm; referencia de cobertura.
- SNR (Signal-to-Noise Ratio): Relación señal/ruido en dB; referencia de calidad.
- MCS (Modulation and Coding Scheme): Índice de modulación/codificación que define la tasa efectiva.
- BW (Channel Bandwidth): Ancho de canal; en el proyecto se usa 20 MHz para 2.4/5 GHz.
- DFS (Dynamic Frequency Selection): Mecanismo que permite usar canales de 5 GHz sujetos a radar.

- CCI/ACI (Co-Channel/Adjacent-Channel Interference): Interferencia por reutilización del mismo canal o canales solapados.
- ATF (Airtime Fairness): Política para repartir tiempo de aire entre clientes y evitar que uno domine el medio.
- Roaming/Handoff: Traspaso de un cliente entre APs dentro del mismo ESS sin perder sesión.
- 802.11k (Neighbor Reports): Estándar que entrega al cliente la lista de AP vecinos para agilizar el roaming.
- 802.11v (BSS Transition): Sugerencias de la red para que el cliente migre a un AP más conveniente.
- 802.11r (Fast Transition): Reasociación rápida (FT) que reduce el tiempo de handoff.
- WMM (Wi-Fi Multimedia) / 802.11e: QoS para priorizar tráfico sensible a latencia.
- MU-MIMO (Multi-User MIMO): Tecnología que permite atender varios clientes de forma simultánea (downlink/uplink según estándar).
- Beamforming: Enfoque de señal para mejorar SNR hacia el cliente.
- PER (Packet Error Rate): Porcentaje de paquetes con error; se usa como indicador de enlace.
- RTT (Round-Trip Time): Tiempo ida y vuelta de un paquete (latencia), medido con ICMP (ping).

- VLAN (Virtual LAN) / 802.1Q: Segmentación lógica de la red por etiquetas.
- WPA2/WPA3: Suites de seguridad para autenticación y cifrado en Wi-Fi.
- PSK (Pre-Shared Key): Clave compartida; modo personal de WPA2/WPA3.
- 802.1X (Port-Based Network Access Control): Autenticación empresarial; suele usar RADIUS.
- RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service): Servidor de AAA (autenticación, autorización y accounting).
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol): Asignación automática de direcciones IP.
- DNS (Domain Name System): Resolución de nombres a direcciones IP.
- PoE (Power over Ethernet) 802.3af/at: Alimentación eléctrica a los AP mediante el cable de datos.
- Backhaul: Enlace de retorno del AP hacia la red (preferente cableado); en malla, es inalámbrico.
- Wireless Uplink: Enlace inalámbrico entre APs usado como contingencia o donde no hay cableado.
- LAG (Link Aggregation Group): Agregación de puertos para aumentar capacidad/redundancia en switches.
- ACL (Access Control List): Reglas de filtrado de tráfico en capas 2/3.

- KPI (Key Performance Indicator): Indicadores clave (RSSI, SNR, pérdida, latencia, handoff) usados para aceptar el diseño.

3.4.4 **Glosario**

- Wi-Fi: Tecnología de red inalámbrica basada en la familia IEEE 802.11 que permite conectar dispositivos a una WLAN. (Fuente: Wi-Fi Alliance, <https://www.Wi-Fi.org/discover-Wi-Fi>)
- WLAN (Wireless LAN): Red local que usa radiofrecuencia en lugar de cableado para conectar clientes a la red corporativa. (Fuente: Cisco, <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/wireless/what-is-wlan.html>)
- Punto de Acceso (AP): Dispositivo que enlaza clientes Wi-Fi con la red cableada y gestiona su conexión. (Fuente: Cisco, <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/small-business/what-is-an-access-point.html>)
- SSID: Nombre de la red inalámbrica que anuncia un AP para que los clientes se asocien. (Fuente: Wikipedia – Service set (802.11), [https://en.wikipedia.org/wiki/Service_set_\(802.11\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Service_set_(802.11)))
- RSSI: Indicador de potencia recibida por el cliente; se expresa en dBm (más cerca de 0 es mejor). (Fuente: Cisco – Wireless RSSI/SNR, <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless/5500-series-wireless-controllers/116057-site-survey-802-11-wlan-00.html>)
- 802.11k / 802.11v / 802.11r: Conjunto de mejoras de roaming: k (vecindario y mediciones), v (gestión y BSS transition) y r (Fast BSS Transition) para handoff rápido. (Fuente: Cisco – 802.11k/v/r Overview, <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/technotes/80211k/80211k.html>)

<https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/technotes/80211r/b-80211r-dg.html>)

- DFS (Dynamic Frequency Selection): Mecanismo que detecta radares en 5 GHz y mueve el canal para evitar interferencia. (Fuente: Aruba, https://www.arubanetworks.com/assets/wp/WP_DFS.pdf)
- Airtime Fairness: Técnica que reparte el tiempo de aire entre clientes para evitar que los más lentos bloqueen la celda. (Fuente: Aruba, https://www.arubanetworks.com/techdocs/ArubaOS_8_Web_Help/Content/ArubaFrameStyles/Firewall/aft.htm)
- CCI / ACI: Interferencia co-canal (APs en el mismo canal) y adyacente (canales solapados), que degradan la capacidad. (Fuente: NetAlly, <https://support.netally.com/hc/en-us/articles/360034486174-Co-Channel-vs-Adjacent-Channel-Interference>)
- Roaming / Handoff: Transición de un cliente entre APs manteniendo sesión y servicio; con 802.11k/v/r se reduce latencia de traspaso. (Fuente: Cisco – Best Practices for Client Roaming, <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/213882-wireless-roaming.html>)
- Beacon / DTIM: Los beacons anuncian la red (~cada 102.4 ms); el DTIM define cada cuántos beacons se liberan tramas multicast/broadcast a clientes en ahorro de energía. (Fuente: CWNP, <https://www.cwnp.com/beaconinterval/Cisco>)
- Canales no solapados: Conjunto de canales que pueden reutilizarse sin interferirse (1/6/11 en 2.4 GHz; múltiples en 5 GHz según país). (Fuente: Cisco Wi-Fi channels, <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/82188-802-11-channels.html>)

- Backhaul: Topología en la que los APs se enlazan entre sí para llevar tráfico al gateway; el backhaul (cableado o inalámbrico) es el enlace de retorno. (Fuente: Cisco –Components, https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/technology/mesh/8-6/b_mesh_86/m_mesh-network-components.html)
- PoE (802.3af/at): Alimentación eléctrica por Ethernet para encender APs a través del cable de datos. (Fuente: Cisco – PoE Explained, <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/small-business/resource-center/networking/what-is-power-over-ethernet.html>)
- WPA2/WPA3 y 802.1X (RADIUS): Mecanismos de seguridad; WPA2/3 cifran el enlace, 802.1X autentica usuarios/equipos mediante servidor RADIUS. (Fuente: Microsoft Learn – 802.1X overview, <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/security/identity-protection/network-access/802-1x-overview> ; Wi-Fi Alliance – WPA3, <https://www.Wi-Fi.org/discover-Wi-Fi/security>)
- OFDMA / MU-MIMO (Wi-Fi 6/6E): Técnicas para servir múltiples usuarios eficientemente: OFDMA divide el canal en subportadoras y MU-MIMO atiende varios clientes a la vez. (Fuente: Wi-Fi Alliance – Wi-Fi 6, <https://www.Wi-Fi.org/discover-Wi-Fi/Wi-Fi-6>)

3.4.5 Descripción técnica de la solución implementada

La implementación se ejecutó por zonas para no interrumpir a los trabajadores del almacén en su proceso de despacho. Primero se preparó el entorno donde se procedió con la actualización del controlador UniFi, creación de redes (VLAN/SSID) y verificación de presupuesto PoE en switches. Con los planos validados, se marcó cada posición de access point según el estudio de cobertura realizado y se revisaron rutas de cableado; donde se tendió cableado UTP, fibra preconectorizada y se dejaron patch cords y etiquetas normalizadas según la nomenclatura usada por el cliente.

El montaje físico se hizo en altura segura (andamio/escalera, EPP), fijando los soportes a la viga o techo según el layout del pasillo. Cada AP se energizó por PoE y se adoptó en el dashboard UniFi; se igualó firmware y se comprobó que el backbone se encuentre cableado.

Como medida de continuidad operativa, se contempló que cada punto de acceso conserve alimentación mediante un power injector local, de manera que ante una pérdida del suministro PoE desde el switch no implique la caída del equipo. Sobre esa base, la solución queda preparada para una contingencia mediante Wireless Meshing habilitable en UniFi sobre nodos designados, manteniendo el backhaul cableado como medio principal y la malla inalámbrica como respaldo secundario.

Posteriormente, se realizó la parametrización en el cual se configuraron los SSID operativo y de administración con su VLAN, cifrado WPA2/WPA3, canales de 20 MHz en 2.4/5 GHz, plan de reutilización y potencia ajustada por radio para evitar el solapamiento entre APs. Se activaron 802.11k/11v/11r, band steering (redes 5 GHz) y, cuando aplicó, RSSI mínimo para favorecer el roaming entre los APs y los endpoints del cliente. Se ejecutaron pruebas por pasillo (ping, conectividad y latencia) y después se procedió con el walking test en rutas reales de picking, capturando RSSI, SNR, latencia, pérdida y tiempos de handoff. Las variaciones en los parámetros de potencia y canal fueron ajustadas de manera inmediata, procediéndose a la repetición de las pruebas en los tramos evaluados.

Finalmente, se dejaron los planos as-built, respaldos de configuración, un checklist de operación (gobierno de cambios, ventanas y rollback) para el equipo de TI de Laboratorios SMA. La red quedó monitorizada desde UniFi con alertas en tiempo (utilización de canal, caídas de uplink, clientes por AP), por lo que en caso el cliente solicite la revisión de la solución desplegada

mediante el soporte técnico ofrecido se podrá realizar accediendo a la **Tabla 2 Disposición de actividades entre el integrador, el ISP y el cliente**

Fase	Actividad	Responsable	Entregable/Evidencia	Notas
Planeamiento	Kick-off, seguridad, validación de planos y rutas	Jefe de proyecto + SMA + TI	Acta de inicio, plano marcado	Define áreas y ventanas de trabajo
Levantamiento	Revisión PoE/VLAN en switches y puertos disponibles	TI + Omnisys	Inventario de puertos/PoE	Incluye etiquetado en rack
Preconfiguración	Alta de redes (VLAN/SSID), políticas y usuarios en UniFi	Omnisys	Capturas de Settings	Controlador actualizado y respaldado
Cableado	Tendido/adequación de UTP a posiciones de AP	Instalación	Listado de pruebas (tester)	Reutiliza tomas existentes cuando aplique
Montaje	Fijación de soportes y AP en techo/viga, etiquetado	Instalación	Fotos y hoja de puesta en servicio	EPP y señalización en pasillos
Adopción	Energización PoE y adopción en UniFi; firmware	Omnisys	Topología con AP en "Connected"	Backhaul cableado; mesh como respaldo
Parametrización RF	Canales 20 MHz, potencias, 802.11k/v/r, band steering, min-RSSI	Omnisys	Export de configuración	Preferencia 5 GHz; 1/6/11 en 2.4 GHz
Pruebas por celda	Asociación, ping, throughput de referencia	Omnisys	Checklist por AP	Verifica PoE, canal y potencia efectiva
Walk test	Recorridos de picking: RSSI/SNR, latencia, pérdida, handoff	Omnisys + Usuario clave	Informe de métricas y mapas	Capturas de Events (roaming)
Optimización	Ajustes finos de canal/potencia y repetición de tramo	Omnisys	Registro de cambios y re-test	Cambios controlados y rollback
Cierre técnico	Planos as-built, backup y guía de operación	Omnisys	Dossier de cierre	Incluye gobierno de cambios
Transferencia	Capacitación breve a TI y handover	Omnisys + TI	Lista de asistencia y Q&A	Procedimientos de monitoreo
Soporte inicial	Monitoreo post-go-live y corrección menor	Omnisys	Bitácora de incidencias	Alertas en UniFi habilitadas

plataforma UniFi del dashboard de monitoreo para el troubleshooting.

Fuente. Elaboración propia (2025).

3.5 Procedimiento

El procedimiento para este proyecto será diseñar, ejecutar y verificar el despliegue de la red Wi-Fi para garantizar roaming continuo de las pistolas de picking y el envío en tiempo real a la nube en los almacenes de Laboratorios SMA.

3.5.1 Fase de diseño

Para el diseño de la Red Inalámbrica se recopiló el plano de la infraestructura actual del cliente Laboratorios SMA sede Lurín principal, toda el área que se desea abarcar por requerimiento del cliente enfocándose en un diseño de cobertura total enfocada en la potencia, velocidad y roaming para el personal que labora en los almacenes.

En la Figura 6 se muestra el plano arquitectónico de la sede Lurín del cliente Laboratorios SMA Piso 1

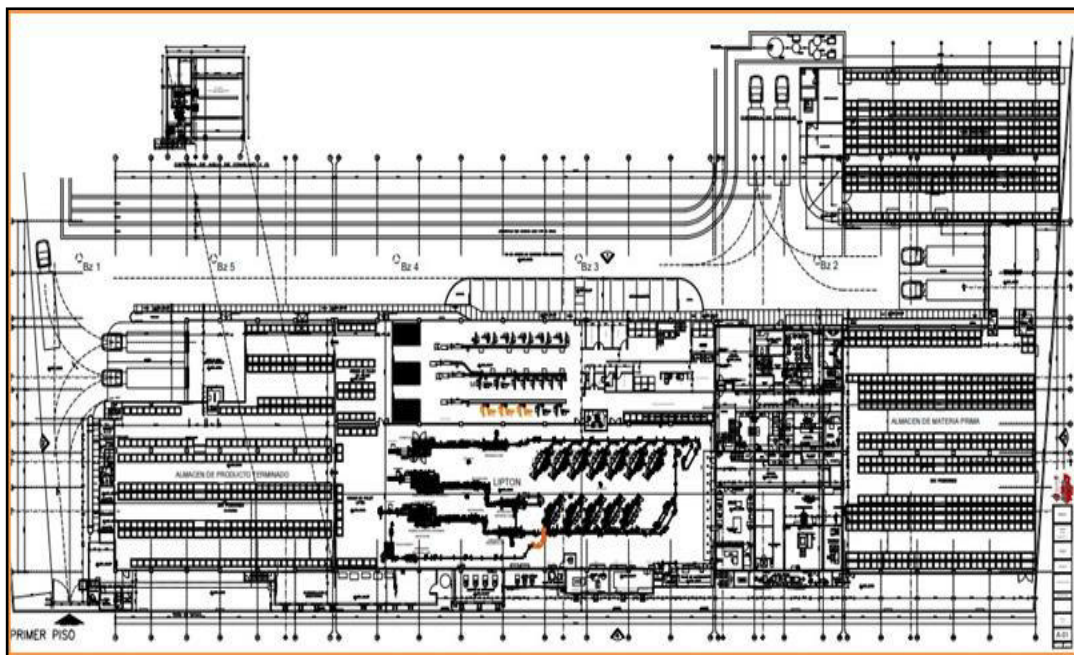


Figura 6 Sede Lurín Laboratorios SMA Piso 1. Fuente. Laboratorios SMA (2025)

En la Figura 7 se muestra el plano arquitectónico de la sede Lurín del cliente Laboratorios SMA Piso 2.

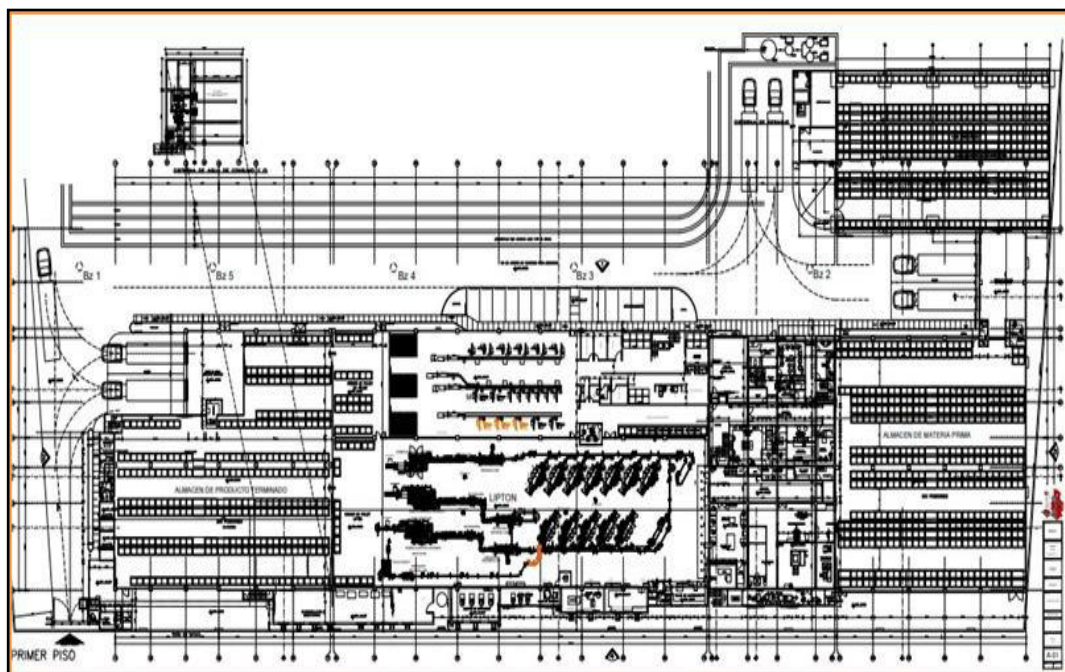


Figura 7 Sede Lurín Laboratorios SMA Piso 2. Fuente. Laboratorios SMA (2025)

Para realizar un buen diseño se realizó una visita a la sede Lurín del cliente Laboratorios SMA y poder validar las rutas de cableado y realizar un site survey pasivo a través de los pasillos del cliente donde se encontraron las siguientes zonas: Almacén de materia Prima, Almacén de secos, Almacén de Tránsito, Almacén de Empaque, Almacén de Mackolins1, Almacén de Mackolins2, Despacho, Almacén de productos terminados, Almacén de saborizantes. Durante el recorrido se tomaron evidencias fotográficas para realizar un correcto diseño en la ruta del cableado estructurado y posición de los Acces Points al momento de realizar el estudio de cobertura en la herramienta Ekahau.

En la Figura 8 se muestra el gabinete principal de la sede Lurín del cliente Laboratorios SMA.



Figura 8 Gabinete principal de telecomunicaciones. Fuente. Laboratorios SMA (2025)

En la Figura 9 se muestra un ejemplo de los pasillos en los almacenes de la sede Lurín del cliente Laboratorios SMA.



Figura 9 Pasillo de Almacén de Productos Terminados. Fuente. Laboratorios SMA (2025)

Durante la visita de relevamiento, se recopiló en coordinación con el área de TI del cliente la información del personal promedio por zona, permitiendo dimensionar el equipamiento de acuerdo con los requerimientos establecidos, sin generar sobrecostos en el proyecto.

Tabla 3 Cantidad de usuarios por zona

ZONAS LAB SMA	Usuarios (promedio)	Superficie (m2)	Densidad (per/ m2)
Almacen de materia Prima	32	1400	0,0143
Almacen de secos	52	2100	0,0143
Almacen de Transito	25	280	0,0357
Almacen de Empaque	25	1100	0,0227
Almacen de Mackolins1	23	900	0,0200
Almacen de Mackolins2	18	850	0,0212
Despacho	15	600	0,0250
Almacen de productos terminados	58	2300	0,0152
Almacen de saborizantes	38	320	0,0250

Fuente. Elaboración propia (2025).

Una vez reunida la información de la estructura arquitectónica, así como la densidad de usuarios de la sede del cliente, se procedió al análisis de los requisitos técnicos generales para la óptima implementación de la red Wi-Fi donde se contempló la siguiente data operacional:

Niveles de emisión y recepción:

- -30 dBm: Máximo nivel alcanzable, el usuario debe estar a muy poca distancia del AP.
- -50/-60 dBm: En este rango se considera que el nivel de señal es bueno.
- -70 dBm: Por debajo de este nivel se considera bajo, se debería tener conexión, pero el uso de la red quedaría bastante reducido, por ejemplo, revisar el correo.
- -80 dBm: Se considera mal nivel de señal. Podrías seguir conectado a la red, pero sería casi inviable realizar algún tipo de navegación.
- -90 dBm: Por debajo de este nivel es imposible realizar ningún tipo de conexión.

Según el análisis realizado se debe establecer un límite, el nivel de señal debería estar por encima de -65 dBm para considerarse aceptable.

Interferencia co-canal:

La interferencia co-canal es un requisito muy exigente y difícil de cumplir en una red de alta densidad, como ya se ha explicado para dar cobertura a muchos usuarios debemos colocar muchos APs, lo cual hace que ocupemos todos los canales disponibles de las bandas. Para minimizar este problema se establece como requisito que la señal secundaria recibida de distintos APs que emiten en el mismo canal debe estar por debajo de 86 dB, puesto que como se ha visto antes es un nivel de señal insuficiente para poder considerarla una señal válida.

Relación señal a ruido:

La relación señal a ruido es cantidad de potencia de la señal respecto a la cantidad de potencia que corrompe, un valor aceptable mínimo de SNR es 25 dB.

3.5.2 Equipamiento propuesto

SWITCH CORE UBIQUITI USW-Pro-24-POE: Ubiquiti UniFi Switch Pro 24 PoE (USW-Pro-24-PoE) — 24 puertos 10/100/1000 RJ45 con 16 PoE+ (802.3at) y 8 PoE++ (802.3bt, hasta 64 W).

En la Figura 10 se muestra el switch Core utilizado para la solución Wi-Fi implementada en Laboratorios SMA.

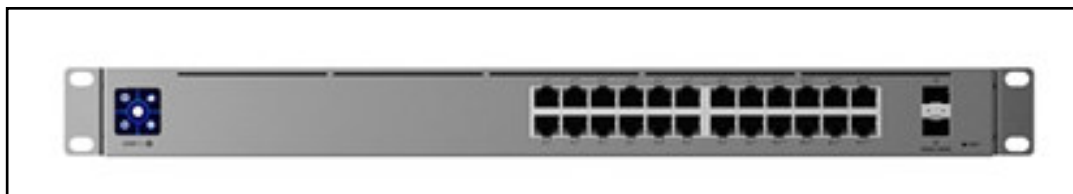


Figura 10 Switch Core Ubiquiti USW-Pro-24-PoE. Fuente. Laboratorios SMA (2025)

Especificaciones Generales:

- Puertos: 24 RJ45 Gigabit; 16 PoE/PoE+ (802.3af/at) y 8 PoE++ (802.3bt, 60 W). Además, 2 puertos SFP+ 1/10G para uplinks.
- Capacidad de switching / rendimiento: 88 Gbps de switching, 44 Gbps de throughput no bloqueante y 65.472 Mpps de forwarding.

PoE: Presupuesto total 400 W; por puerto: PoE+ hasta 32 W y PoE++ hasta 64 W.

- Gestión y capa 3: administración vía UniFi; funciones L3 (p. ej., enrutamiento estático/entre VLAN) en la familia Pro.
- Alimentación y respaldo: fuente interna AC/DC 450 W, entrada 100–240 V AC; consumo máx. 50 W (sin PoE). Listo para respaldo DC con USP RPS (SmartPower).
- Pantalla: LCM táctil de 1.3" (estado del sistema, puertos, RPS).
- Chasis y dimensiones: 1U para rack, 442.4 × 285.4 × 43.7 mm, 4.3 kg sin orejas (acero SGCC).
- Ambiente: operación -5 a 40 °C, 10–90% HR; certificaciones CE/FCC/IC.

SWITCH SECUNDARIO UBIQUITI USW-Ultra-210W: 8 puertos GbE; 7 PoE+ 802.3at (30 W máx/puerto) y 1 puerto GbE que puede funcionar como entrada PoE++ 802.3bt.

En la Figura 11 se muestra el switch Secundario utilizado para la solución Wi-Fi implementada en Laboratorios SMA.

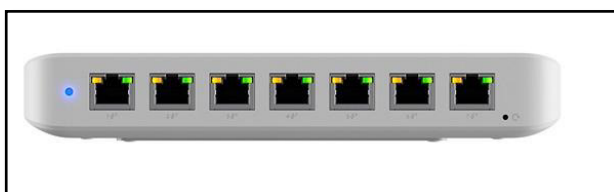


Figura 11 **Switch Secundario Ubiquiti USW-Ultra-210W.** Fuente. Laboratorios SMA (2025)

Especificaciones Generales:

- Puertos y PoE. 8×GbE RJ45 totales: 7 puertos PoE+ (802.3at) de salida y 1 puerto GbE con opción de entrada PoE++ (802.3bt) para alimentar

el switch cuando no se usa el adaptador AC. Gestión mediante UniFi Network.

- Capacidad de conmutación. 16 Gbps de switching, 8 Gbps de throughput no bloqueante y 12 Mpps de tasa de reenvío. Tabla MAC 4.000 entradas; 256 VLAN soportadas.
- Presupuesto PoE (según método de energía). Con adaptador AC 210 W → 202 W disponibles; AC 60 W → 52 W; adaptador PoE 60 W → 42 W; entrada PoE++ → 42 W; entrada PoE+ → 16 W.
- Métodos de energía. Incluye adaptador 54 V / 3,9 A (AC 210 W); también puede operar con entrada PoE+/PoE++ (con menor PoE de salida).
- Funciones L2. STP/RSTP, rate limiting (egress), flow control, storm control, limitación multicast/broadcast, port isolation, port mirroring, jumbo frames y loop protection.
- Montaje y factor de forma. Equipo compacto con opciones escritorio, pared y magnético (accesorios); chasis de policarbonato.
- Dimensiones y peso. 203 × 76 × 33 mm; peso del equipo ~320 g; adaptador AC 210 W ~770 g.
- Ambiente y certificaciones. Temperatura operativa (según método): PoE++: -30 a 60 °C; AC 60 W: -20 a 45 °C; AC 210 W: -20 a 60 °C. Humedad 10–90% sin condensación. Certificaciones CE/FCC/IC.

Access Point Ubiquiti UAP-AC-PRO: Wi-Fi 5 (802.11ac) dual band con 3×3 MIMO en 2.4/5 GHz (hasta 450 Mb/s @2.4 y 1300 Mb/s @5, BW 20/40/80), 2×GbE RJ45, PoE 802.3af/at.

En la Figura 12 se muestra el Access Point Indoor utilizado para la solución Wi-Fi implementada en Laboratorios SMA.



Figura 12 **Access Point Ubiquiti UAP-AC-PRO**. Fuente. Laboratorios SMA (2025)

Especificaciones Generales:

- Estándar y radios. Wi-Fi 5 (802.11ac), dual band simultánea con 3×3 MIMO en 2.4 GHz y 5 GHz (DL MU-MIMO). Tasas máximas: 450 Mb/s (2.4 GHz, BW40) y 1.3 Gb/s (5 GHz, BW80).
- Antenas y potencia. Antena integrada 3 dBi (2.4 GHz) y 3 dBi (5 GHz); TX máx. 22 dBm en ambas bandas; hasta 8 BSSID por radio.

Funciones de Wi-Fi/roaming. Band Steering, 802.11k/v/r (RRM, BSS-Transition, Fast Roaming), Hotspot 2.0/Passpoint, portal cautivo (voucher/contraseña/pago, PPSK), aislamiento de clientes, limitación de velocidad y RadSec.

- Cobertura y capacidad. Área típica de cobertura $\approx 140 \text{ m}^2$ y 250+ clientes como referencia de capacidad.

- Interfaz de red. 2 puertos GbE RJ45 (uno para PoE). Gestión mediante UniFi Network.
- Alimentación y consumo. PoE 44–57 V DC (incluye inyector PoE en presentación single). Consumo máx.: 9 W.
- Dimensiones y peso. Ø196.7 × 35 mm; 350 g (450 g con soporte). Material: policarbonato. Montaje: techo o pared.

Ambiente y certificaciones. Operación -10 a 70 °C, 5–95 % HR; CE/FCC/IC/Anatel. Bandas permitidas según región (2.4 GHz y U-NII 1/2A/2C/3).

Controladora Ubiquiti Cloud Key: Orquestador de la solución para el monitoreo en tiempo real de la solución propuesta.

En la Figura 13 se muestra el controlador CloudKey utilizado para la solución Wi-Fi implementada en Laboratorios SMA



Figura 13 **Controlador CloudKey UniFi.** Fuente. Laboratorios SMA (2025)

Especificaciones Generales:

- Consola UniFi OS todo-en-uno: corre UniFi Network y UniFi Protect en el mismo equipo (NVR integrado para cámaras). Incluye disco 2.5" de 1 TB (usuario puede sustituirlo; debe ser 5 V).
- Hardware: CPU octa-core Arm Cortex-A53, 3 GB RAM y 32 GB eMMC.
- Red / gestión: 1× GbE RJ45 y Bluetooth para puesta en marcha rápida desde la app UniFi.
- Pantalla: OLED 1.42" para estado del sistema.
- Alimentación: PoE 802.3af por Ethernet o USB-C (QC 2.0/3.0, 9 V/2 A); consumo máx. 12.95 W.

3.5.3 Estudio de cobertura

Como parte del diseño realizado se necesita anticipar el comportamiento de la red en operación y reducir iteraciones en campo, se realizó un estudio de cobertura predictivo con ayuda de la herramienta Ekahau sobre los planos del almacén. El objetivo es garantizar continuidad durante el desplazamiento del personal de picking manteniendo niveles de RSSI ≥ -65 dBm, SNR ≥ 25 dB y un solape controlado 15–20% entre celdas, de modo que el roaming ocurra sin cortes perceptibles. En la simulación se definieron los canales entre las bandas 2.4 GHz y 5GHz. Se evaluaron canales no-DFS como base y DFS donde el entorno lo permite, siempre con potencias contenidas para evitar el solapamiento de canales.

Los AP se ubicaron sobre las estructuras de vigas en T ancladas al techo de los almacenes, orientados hacia abajo y en posiciones que conservan línea de vista en esquinas con intersecciones y giros. Se cargaron perfiles de atenuación de materiales (anaqueles, racks metálicos, tabiques, cerramientos) y alturas de instalación relevadas en la visita técnica realizada; con ello la herramienta Ekahau generó los mapas de calor de señal (RSSI), calidad (SNR) e interferencia/co-canal.

En paralelo, se corrió el cálculo de capacidad (clientes por pabellón) considerando el patrón de uso de las pistolas de lectura los cuales generan tráfico ligero pero sensible a latencia. El resultado muestra cobertura homogénea en pasillos críticos, con reutilización de canal adecuada entre zonas y celdas dimensionadas para provocar handoffs cortos cuando el cliente cruza el umbral de RSSI.

En la Figura 14 se muestra el mapa de calor en la banda 2.4GHz del piso 1.

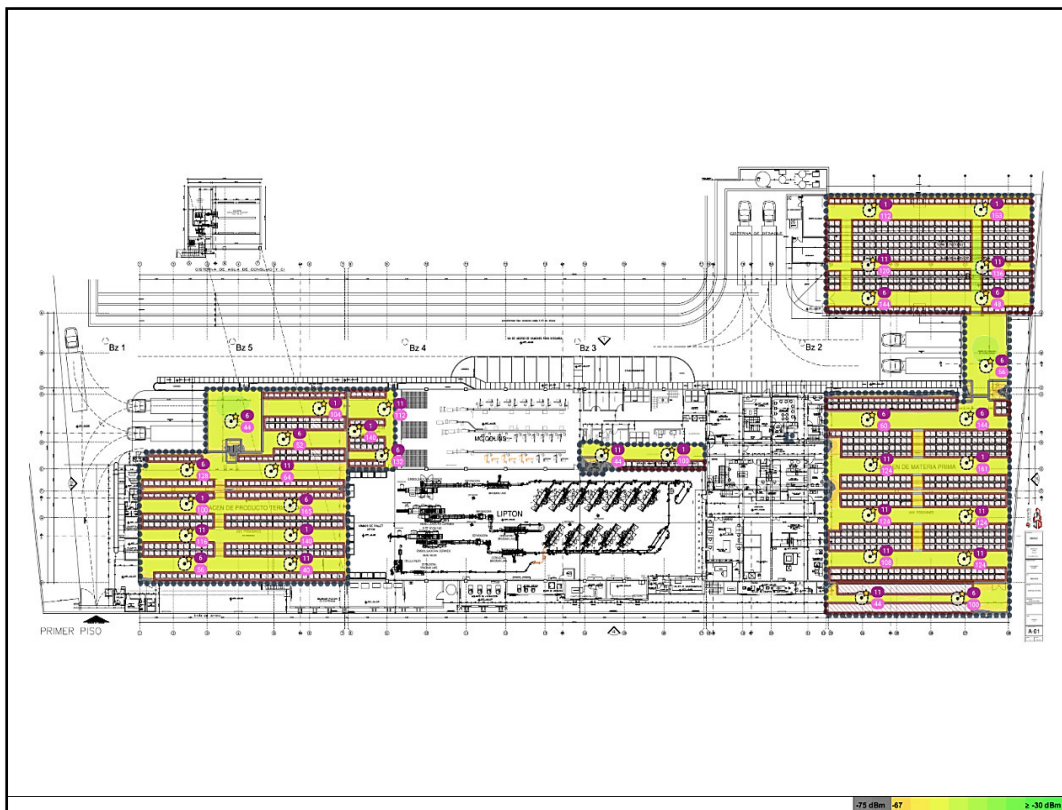


Figura 14 Cobertura en 2.4GHz Piso 1. Fuente. Omnisys (2025)

Tabla 4 Rango de operación 2.4GHz Piso 1

2.4 GHz	Distancia Teórica	Distancia en el Mundo Real
802.11b	460 pies	230 pies
802.11g	125 pies	62 pies
802.11n	820 pies	410 pies

Fuente. Elaboración propia (2025).

En la Figura 15 se muestra el mapa de calor en la banda 5GHz del piso 1.

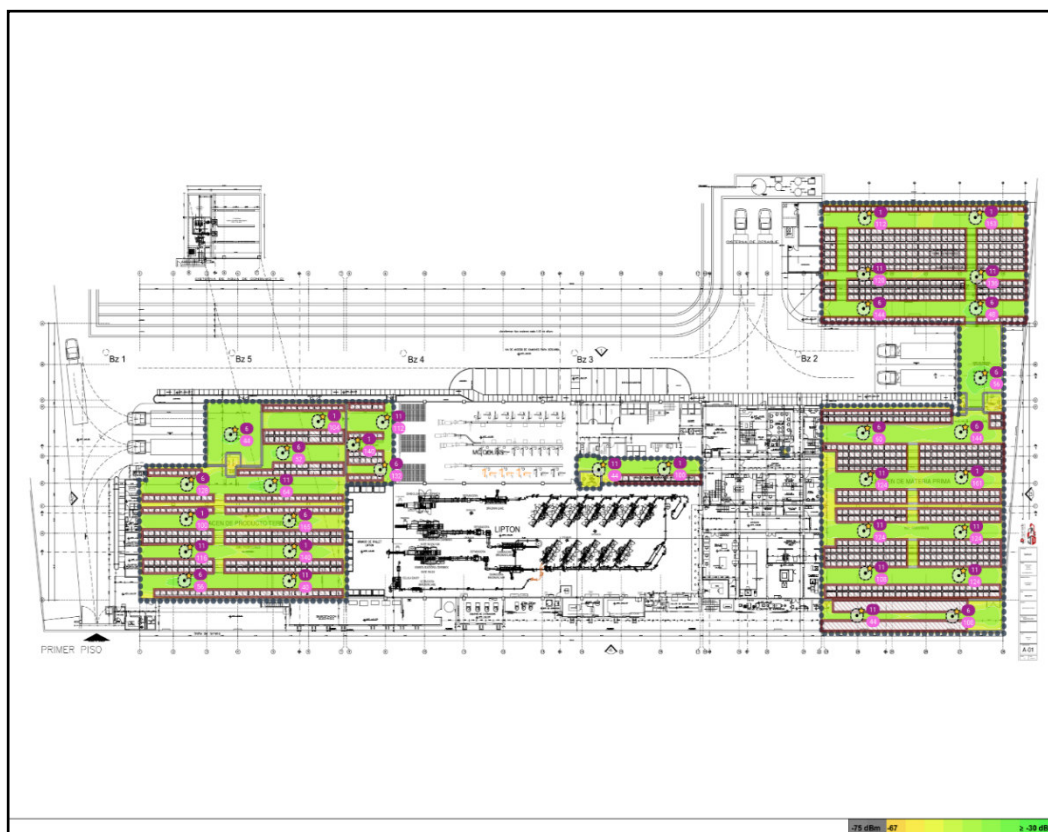


Figura 15 Cobertura en 5GHz Piso 1. Fuente. Omnisys (2025)

Tabla 5 Rango de operación 5GHz Piso 1

5 GHz	Distancia Teórica	Distancia en el Mundo Real
802.11a	390 pies	195 pies
802.11ac	820 pies	410 pies
802.11n	460 pies	230 pies

Fuente. Elaboración propia (2025).

En la Figura 16 se muestra la ubicación de los Aps Ubiquiti UAP-AC-PRO en el almacén Lurín del cliente Laboratorios SMA piso 1 con la finalidad de cubrir correctamente las zonas de interés.

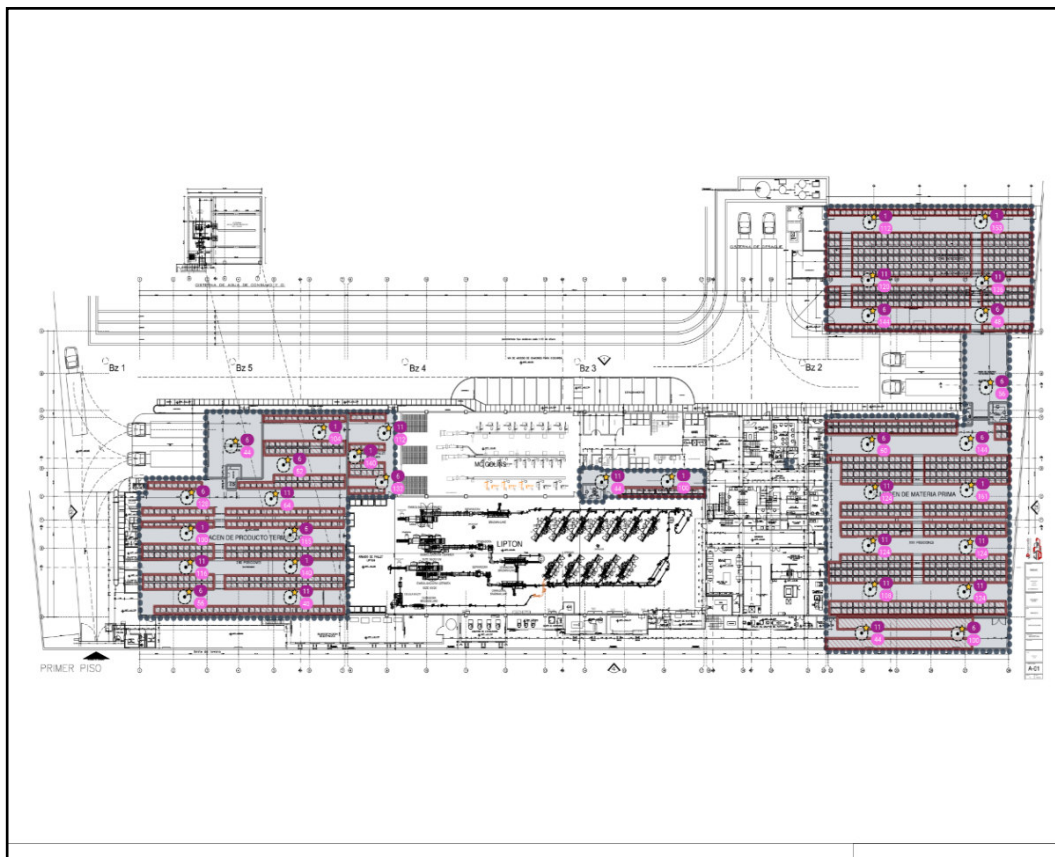


Figura 16 Ubicación de Aps Ubiquiti UAP-AC-PRO Piso 1. Fuente. Omnisys (2025)

En la Figura 17 se muestra el mapa de calor en la banda 2.4GHz del piso 2.



Figura 17 Cobertura en 2.4GHz Piso 2. Fuente. Omnisys (2025)

Tabla 6 Rango de operación 2.4GHz Piso 2

2.4 GHz	Distancia Teórica	Distancia en el Mundo Real
802.11b	460 pies	230 pies
802.11g	125 pies	62 pies
802.11n	820 pies	410 pies

Fuente. Elaboración propia (2025).

En la Figura 18 se muestra el mapa de calor en la banda 5GHz del piso 2.

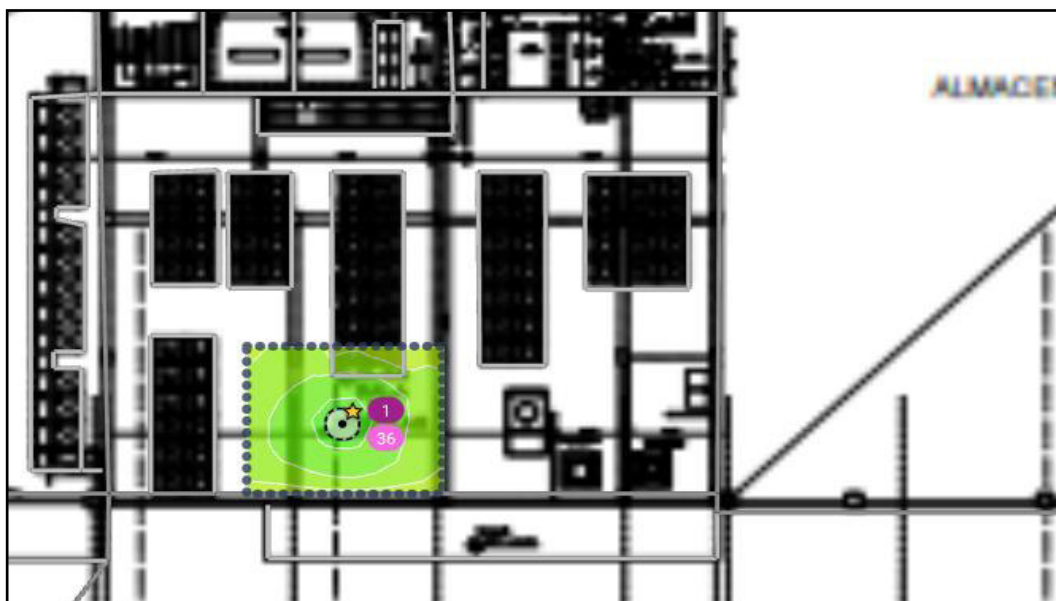


Figura 18 Cobertura en 5GHz Piso 2. Fuente. Omnisys (2025)

Tabla 7 Rango de operación 5GHz Piso 2

5 GHz	Distancia Teórica	Distancia en el Mundo Real
802.11a	390 pies	195 pies
802.11ac	820 pies	410 pies
802.11n	460 pies	230 pies

Fuente. Elaboración propia (2025).

En la Figura 19 se muestra la ubicación del AP Ubiquiti UAP-AC-PRO en el almacén Lurín del cliente Laboratorios SMA piso 2 con la finalidad de cubrir correctamente la zona de interés.

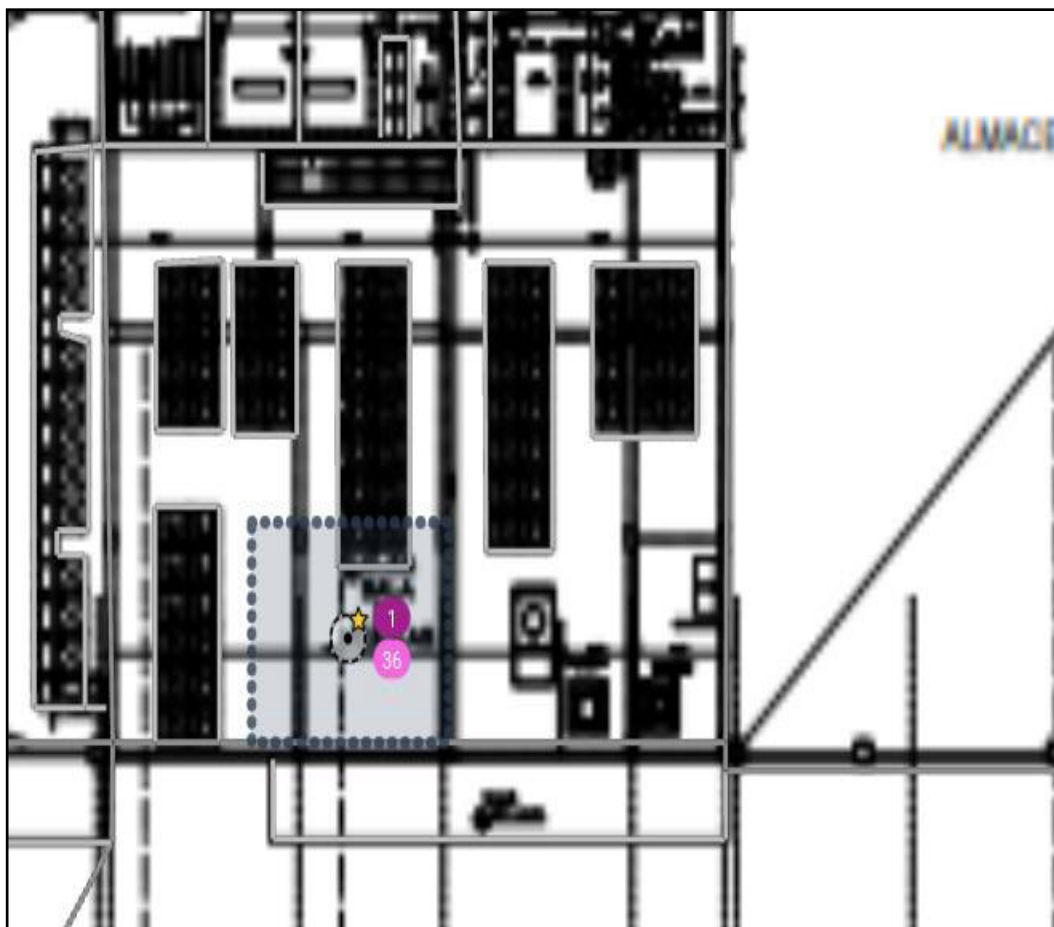


Figura 19 Ubicación de Ap Ubiquiti UAP-AC-PRO Piso 2. Fuente. Omnisys (2025)

Las figuras detalladas representan la señal 2.4 y 5 GHz con el umbral de >-30 dBm de utilidad por banda. Estas salidas sirven como línea base para la puesta en marcha y la validación en los almacenes del cliente. Con esta secuencia de simulación, se minimiza el retrabajo y se asegura una experiencia satisfactoria en la implementación.

Una vez realizada la simulación mediante la herramienta Ekahau se procede a realizar un ajuste con un survey pasivo en la sede del cliente para ajustar la posición de los Aps y asegurar una cobertura correcta respetando el roaming solicitado por el cliente.

En la Figura 20 se muestra la ubicación de los APs en el piso 1 en base a la nomenclatura como se tiene registrado en el WLC para que se pueda encontrar con mayor facilidad.

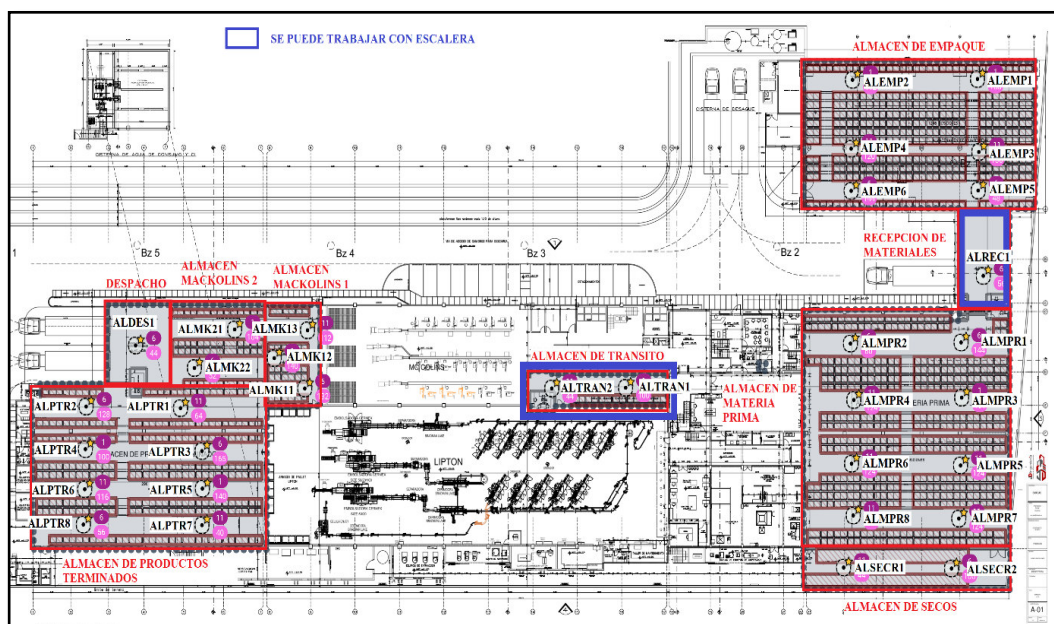


Figura 20 Ubicación Final de Aps Piso 1. Fuente. Omnisys (2025)

En la Figura 21 se muestra la ubicación de los APs en el piso 2 base a la nomenclatura como se tiene registrado en el WLC para que se pueda encontrar con mayor facilidad.

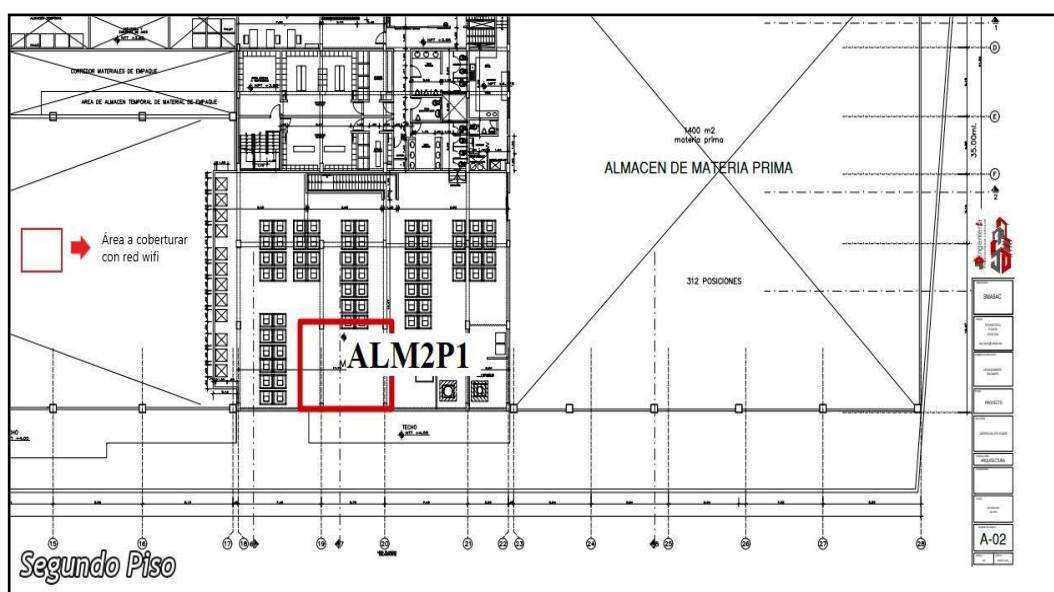


Figura 21 Ubicación Final de Aps Piso 2. Fuente. Omnisys (2025)

3.5.4 Dimensionamiento de cantidad de equipos y materiales

Según el análisis del diseño, estudio de cobertura y relevamiento en sitio se presenta el detalle de equipamiento networking y materiales considerados para la implementación de la red inalámbrica en Laboratorios SMA. Las cantidades se calcularon sobre los planos a través de estudio de rutas, tomando como base el número de puntos de acceso definidos en el diseño RF y las rutas de cableado asociadas. En el caso del equipamiento, se priorizaron dispositivos compatibles con el plan de canales de 20 MHz, roaming asistido (802.11k/11v/11r) y alimentación PoE, garantizando disponibilidad de potencia y escalabilidad.

La tabla de equipamiento incluye switches de acceso PoE/PoE++ (USW-Pro-24-PoE y USW-Ultra-210W), puntos de acceso (UAP-AC-PRO), gabinetes, UPS y accesorios de montaje. Para cada ítem se consigna unidad de medida y cantidades. De esta manera se asegura la trazabilidad entre especificación técnica y la selección final del equipo.

La tabla de materiales de cableado detalla el suministro de UTP categoría 6A, patch panel, jacks, patch cords, canaletas, tubería, ductería y fibra preconectorizada. Las cantidades se estimaron a partir de las longitudes de tendido por tramo, considerando márgenes de reserva y buenas prácticas (radio de curvatura, etiquetado y peinado en rack). Esta tabla nos ayudara a poder idenficiar la implementación a través de la mano de obra de los técnicos instaladores, además se podrar corroborar el costeo de la BOM de materiales a usar en cada zona especifica del complejo ubicado en Lurin el cual contempla diferentes almacenes, oficinas y zonas industriales.

En la Figura 22 se muestra la estructura utilizada para la implementación del cableado estructurado desde el equipo de core/acceso hacia el equipo final.

Fuente: Omnisys

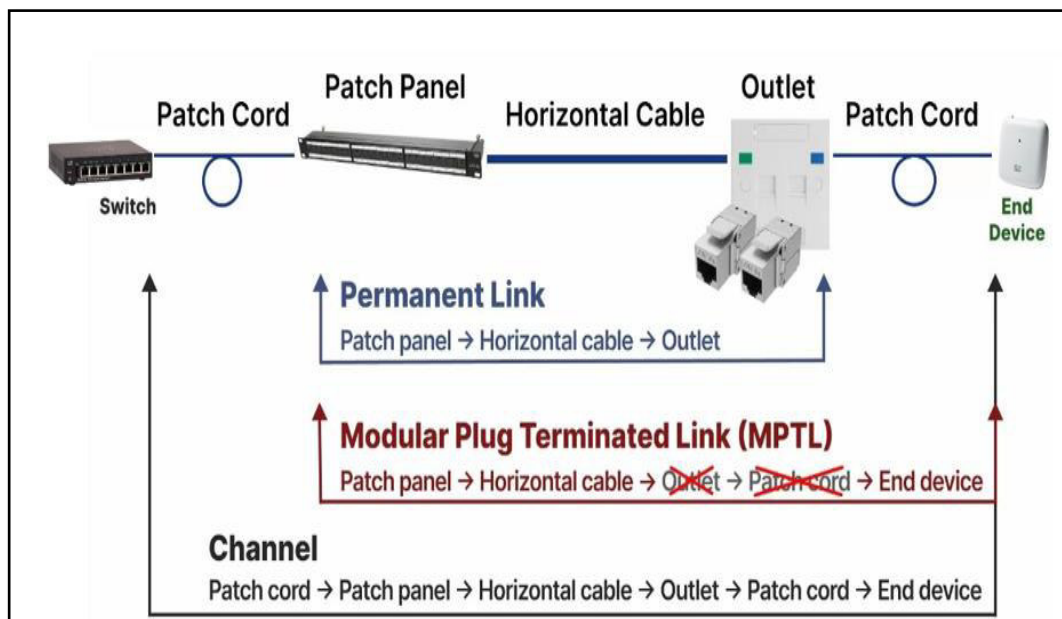


Figura 22 Implementación Cableado Estructurado Fuente. Omnisys (2025)

En la Figura 23 se muestra la ruta del cableado UTP cat 6^a en color naranja y la ruta del cableado de fibra en color amarillo; los cuadros de color negro representan la ubicación de los gabinetes del piso 1.

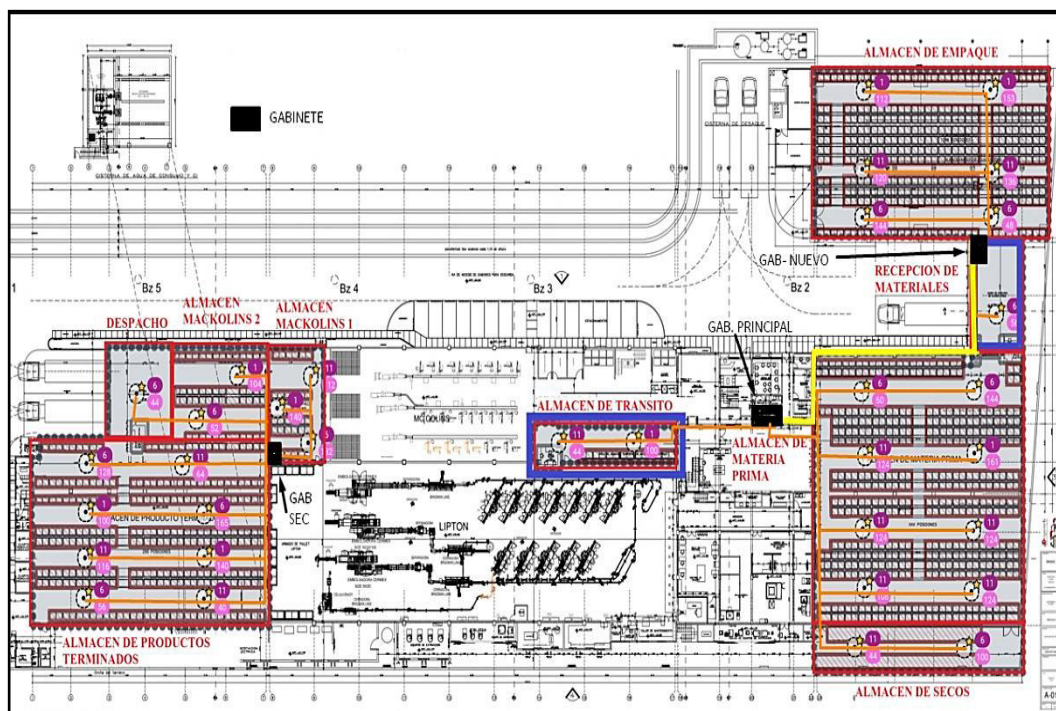


Figura 23 Rutas de Cableado Piso 1. Fuente. Omnisys (2025)

En la Figura 24 se muestra el cuadro rojo como el área de cobertura y el cuadro azul la ubicación del AP de tal manera que por ser un espacio pequeño no afecta la cobertura el colocarlo en la pared del piso 2.

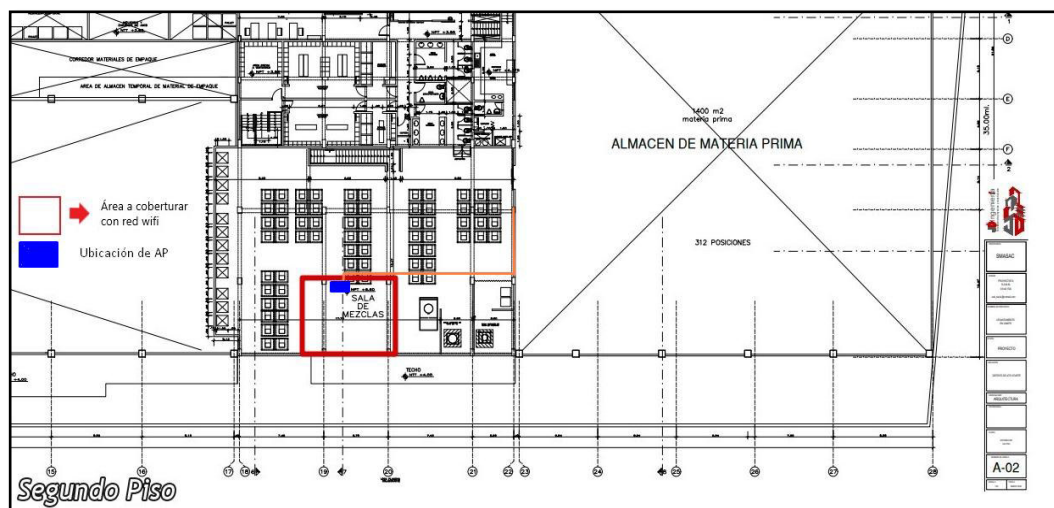


Figura 24 Rutas de Cableado Piso 2. Fuente. Omnisys (2025)

Tabla 8 Tabla de cantidades de puntos de red y fibra

PTOS DE AP	U	38
PTOS UPLINK ENTRE RO/SW-SWITCH (FIBRA ÓPTICA PRECONECTORIZADA)	U	1

Fuente. Elaboración propia (2025).

Tabla 9 Tabla de cantidades de componentes de la FO preconectorizada

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M.	CANT.
FIBRA ÓPTICA - UPLINK			
I.0	Media converter MM LC	U	2
I.1	UPS 0.5 - 1KVA - 220V Mini tower	U	0
I.2	Switch PoE 8 Puertos	U	1
I.3	Switch PoE 24 Puertos	U	1
I.4	Fibra optica OUT/IN 6 hilos LSZH MM ó Preconectorizada (Cable trunk)	M	90
I.5	Caja de distribución de fibra óptica para 2 o 3 adaptadores dúplex	U	0
I.6	Bandejas porta fusion para fusiones (Va dentro de caja de distribución)	U	0
I.7	Acoplador Fibra Optica LC Duplex SM/MM	U	0
I.8	Patch Cord MM LC-LC Dúplex SM (Uplink Fibra) / MM	U	0
I.9	Pigtail LC SM / MM	U	0
I.10	Manguito para fusion	U	0
I.11	Mástil para la sujeción de la fibra óptica (aéreo)	U	0
I.12	Organizador Horizontal Frontal 1-2RU	U	0
I.13	Tuercas y pernos estufas (enjaulados para rack) x 20 unidades	U	0
I.14	Etiquetas para cable, patch panel, equipo	U	0
I.15	Resane y limpieza post implementación (Corte, sellado, pintura, no caja de registro)	V	1

Fuente. Elaboración propia (2025).

Tabla 10 Tabla de cantidades de componentes del cableado estructurado

CABLEADO VERTICAL-HORIZONTAL, TR Y AREA DE TRABAJO			
I.11	Gabinete Pared 6-9 RU interior	U	1
I.12	Pernos y taco de expansión para Anclaje 3/4"	U	6
I.13	Tuercas y pernos estufas (enjaulados para rack) x 50 unidades	U	1
I.14	Cable UTP Cat. 6-6A LSZH - 3 // <u>Evaluar cual elegir</u>	RLL	7
I.15	Patch Cord de 20cm - 1m Cat. 6-6A (Gabinete)	U	38
I.16	Patch Cord de 3mt Cat. 6-6A (Gabinete)	U	4
I.17	Power injector AP caja	U	0
I.18	Organizador Horizontal Frontal 1-2RU	U	3
I.19	Patch Panel de 24 puertos modular cat6-6A (vacíos)	U	3
I.20	Jack RJ45 Cat. 6-6A Data NEGRO	U	38
I.21	Conector MPTL RJ45 Cat. 6-6A	U	38
I.22	Conector plug RJ45 y capucha para RJ45	U	0
I.23	Regletas eléctricas de 8 salidas	U	1
I.24	Barra de tierra para gabinete	U	1
I.25	Cinta velcro x 10mts	U	1
I.26	Mástil para access point (opcional 1-2 mt) - opcional	U	38
I.27	Etiquetas para cable, patch panel, equipo FO-UTP	Glb	1

Fuente. Elaboración propia (2025).

Tabla 11 Tabla de cantidades de componentes de ductería

DUCTERIA EMT 3/4"			
I.29	Tubo EMT 1"	U	510
I.30	Conector Conduit 1"	U	100
I.31	Union EMT 1"	U	700
I.32	Curva Conduit 1"	U	50
I.33	Abrazadera EMT para 1" (2 orejas) // Gota	U	500
I.34	Tarugos y tirafón naranja x 100 unidades	U	2
I.35	Tarugos y tornillos verde x 100 unidades	U	2
I.36	Riel unistrut alto 2.4mt 1-5/8" (41x41mm)	U	10
I.37	Abrazadera unistrut tipo RC 1" (pares)	U	200
I.38	Caja de Metálico 20x20	U	60
I.39	Caja de Metálico 15x15	U	38
I.40	Taco de expansión x 10 unidades	U	0
I.41	Espárrago 2mt 3/8"	U	10
I.42	Tuerca hexagonal C 3/8" x50 unidades	B	4
I.43	Cinta Aislante	U	1
I.44	Cartucho etiquetadora BRADY Etiquetas para cable, patch panel, equipo	U	1
I.45	Cinta maskingtape	U	3
I.46	Cintillos plasticos 30 cm	U	4
I.47	Arandelas diametro 10mm 50 Unid	U	1
	Tornillos autopercorantes (Sujeción a Lata) x 100 UNID	U	3
I.48	Tubo Corrugado Metálico x 3/4-1"	M	30
I.49	Conector hermético para 3/4-1"	U	20
I.18	Bandeja portacables + 10% (Tipo malla 30cm ancho + Accesorios)	M	10
I.50	Flejadora (manibela) Herramienta	U	0
I.51	Fleje acero inoxidable 3/4" 30 metros	U	0
I.52	Herraje tipo D c/ quadacabo c/ preformado	U	0
I.53	Herraje tipo J c/ herraje simple	U	0
I.54	Hebilla acero inoxidable 3/4" 20 piezas	U	0
I.55	Kit reserva de cable Fibra óptica CCR60	U	0
I.56	Retención preformada de FO	U	0
I.57	Cable de acero flexible para FO	U	0
I.58	Remate tipo grapa / Tensor FO	U	0
I.59	Tubo PVC3/4" mas accesorios x 3mt	U	0
I.60	Conector PVC 3/4"	U	0
I.61	Unión PVC 3/4"	U	0
I.62	Canaletas de pared satra c/ adhesivo 20x20 x 2mts	U	0
I.63	Accesorios para canaleta satra 20x20 angulo Interno	U	0
I.64	Accesorios para canaleta satra 20x20 angulo Externo	U	0
I.65	Accesorios para canaleta satra 20x20 unión	U	0
I.66	Accesorios para canaleta satra 20x20 tapa final	U	0
I.67	Accesorios para canaleta satra 20x20 curva	U	0
I.68	Accesorios para canaleta satra 20x20 Tipo T	U	0

Fuente. Elaboración propia (2025).

3.5.5 Site survey activo sede Lurín Laboratorios SMA

El dimensionamiento partió de un objetivo operativo: que la pistola de picking mantenga conectividad continua mientras el operario recorre los pasillos, sin presentar micro cortes en los cambios pasillos. Con esta premisa, primero se modeló la cobertura sobre planos y posteriormente se validó con un site survey (walking test) en las rutas reales de picking. Los criterios de aceptación fueron: RSSI ≥ -65 dBm, SNR ≥ 25 dB, solape efectivo 15–20% entre celdas para favorecer el roaming y latencia estable en transmisión de datos a la nube del cliente.

Metodología de Cálculo:

- Se realizó el site survey activo para validar la cobertura por pasillos, se ubicaron los AP centrados sobre el eje de pasillo (vigas en T), a una altura segura y con las antenas orientadas hacia abajo, con el fin de proporcionar cobertura al corredor y evitar celdas excesivamente largas que incrementen la latencia. En esquina e intersecciones se añadieron refuerzo de cobertura para preservar línea de vista del Access Point.
- Se habilitó en los APs Ubiquiti el roaming asistido 802.11k/11v/11r, band-steering a 5 GHz y umbral de RSSI mínimo para evitar solapamiento entre los usuarios finales.
- Con el site survey se validó en sitio la medición de RSSI, SNR, latencia, pérdida y tiempos de handoff a lo largo de los recorridos; con esos datos se ajustaron potencias y, puntualmente, posiciones.

Resultado del site survey:

- Las Figuras 25 y 26 muestran la distribución final de celdas. En 5 GHz (Fig. 25) se aprecia la cobertura homogénea sobre los pasillos críticos y una reutilización de canal ordenada; en 2.4 GHz (Fig. 24) la señal se mantuvo como respaldo con canales 1/6/11 y potencias más contenidas para reducir el solapamiento.

- Los mapas confirman el umbral de -65 dBm en zonas de tránsito continuo (recepción, tránsito, empaque y despacho) y el solape previsto en los cruces, lo que se tradujo en roaming sin cortes perceptibles durante la puesta en marcha del proyecto.

En la Figura 25 se muestra las zonas de cobertura en todo el piso 1 donde se evidencia la cobertura ofrecida en banda de 2.4GHz, se consideró como límite 65DBm ya que se van a conectar dispositivos para el registro de los productos en el almacén los cuales no tienen una tarjeta de red potente.

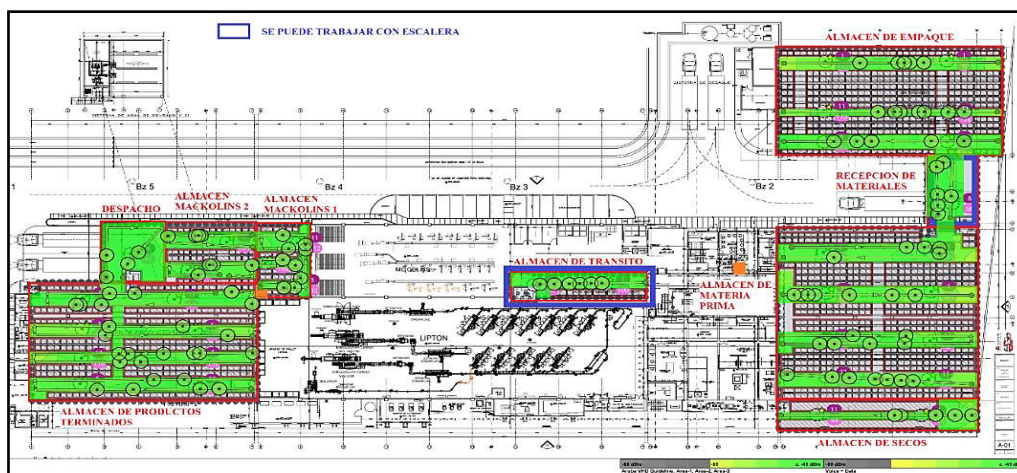


Figura 25 Zona de cobertura en 2.4GHz. Fuente. Omnisys (2025)

En la Figura 26 se muestra las zonas de cobertura en todo el piso 1 donde se evidencia la cobertura ofrecida en banda de 5GHz, se consideró como límite 65DBm ya que se van a conectar dispositivos para el registro de los productos en el almacén los cuales no tienen una tarjeta de red potente.

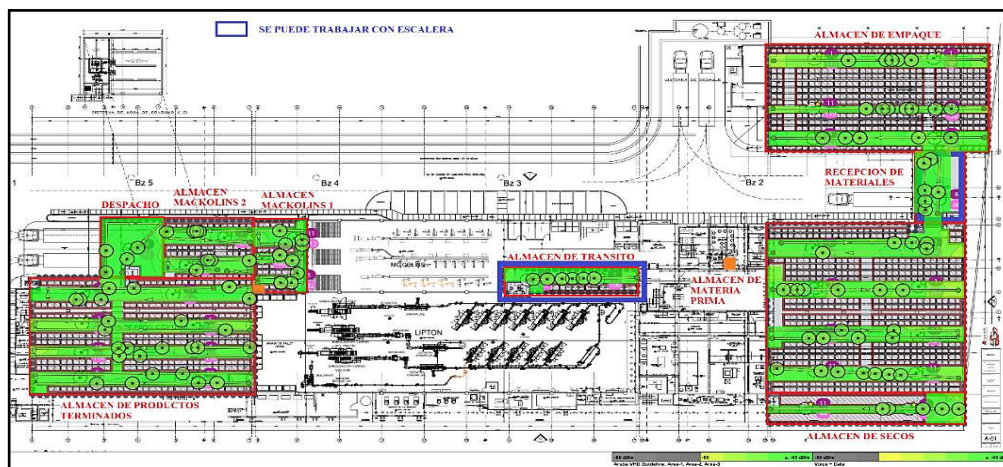


Figura 26 Zona de cobertura en 5GHz. Fuente. Omnisys (2025)

Diseño de la topología de red

Una vez realizado levantamiento en sitio, la simulación RF y el listado de materiales cerrados, se definió la topología que prioriza backhaul cableado, roaming transparente y una operación fácil de mantener.

En la Figura 27 se muestra la topología contemplando los equipos switches, access points y la controladora diseñada para el cliente Laboratorios SMA.

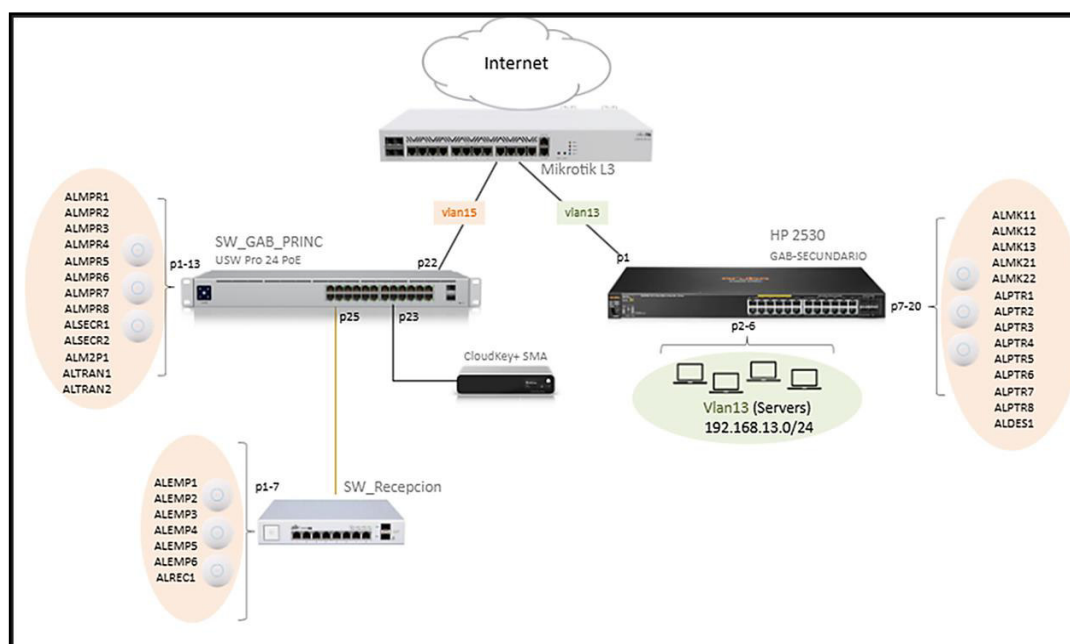


Figura 27 Topología Laboratorios SMA sede Lurín. Fuente. Omnisys (2025)

La capa L3 se concentra en el router Mikrotik (core), que provee salida a Internet, enrutamiento inter-VLAN y servicios centrales (DHCP/DNS/ACL) a través del proveedor ENTEL. Desde él salen troncales etiquetados hacia los switches de acceso: al USW Pro-24 PoE del gabinete principal (SW_GAB_PRINC) y al HP 2530 (propiedad del cliente) del gabinete secundario. En el diagrama se muestran explícitamente VLAN13 (Servers 192.168.13.0/24) y VLAN15 (SSID/servicio Wi-Fi), manteniendo además una VLAN de administración para la gestión de equipos UniFi. Esta segmentación permite aislar el tráfico de producción, administración y servidores, aplicando reglas de firewall por VLAN en el Mikrotik.

La capa L3 se concentra en el router Mikrotik (core), que provee salida a Internet, enrutamiento inter-VLAN y servicios centrales (DHCP/DNS/ACL) a través del proveedor ENTEL. Desde él salen troncales etiquetados hacia los switches de acceso: al USW Pro-24 PoE del gabinete principal (SW_GAB_PRINC) y al HP 2530 (propiedad del cliente) del gabinete secundario. En el diagrama se muestran explícitamente VLAN13 (Servers 192.168.13.0/24) y VLAN15 (SSID/servicio Wi-Fi), manteniendo además una VLAN de administración para la gestión de equipos UniFi. Esta segmentación permite aislar el tráfico de producción, administración y servidores, aplicando reglas de firewall por VLAN en el Mikrotik.

El USW Pro 24 PoE actúa como switch de acceso principal el cual alimenta por PoE a los AP de los almacenes de Productos Terminados, Despacho y Mackolins (p1–p13), y concentra la gestión local mediante el CloudKey+ (p23). Desde este switch baja un troncal al switch de Recepción (SW_Recepción, p25) que energiza los AP. En el gabinete secundario, el HP 2530 recibe un troncal del Mikrotik (p1), conecta servidores en VLAN13 (p2–p6) y entrega puertos de acceso/PoE para los AP de Materia Prima, Tránsito, Secos y Empaque (p7–p20). Los enlaces entre core y acceso viajan etiquetados; los puertos donde se conectan AP están en modo access para la VLAN de administración y permiten VLAN etiquetadas de los SSID que transportan. Esta disposición asegura que todo el dominio Wi-Fi permanezca en L2 hasta el gateway por VLAN del Mikrotik, de modo que el cliente conserve su puerta de enlace mientras se desplaza; así se favorece el roaming sin cortes. Para evitar lazos se habilitó RSTP con prioridad del root en el core, y se documentaron roles de puerto (trunk/access) y ETIQUETADO por SSID/VLAN. Cada uplink cumple con el presupuesto de PoE y la capacidad de switching previstas; los AP tienen backhaul cableado como primario y malla solo de contingencia.

Como medida preventiva de continuidad en las operaciones del almacén, se contempló que cada AP disponga de alimentación mediante power injector local, conectado a energía respaldada en cada gabinete, mientras que el

enlace de datos principal continúa siendo a través de cableado certificado. Bajo esta arquitectura, una eventual pérdida del PoE entregado por el switch no implica la salida de servicio del AP, ya que este puede permanecer energizado. En ese escenario, en la plataforma UniFi se habilitará el Wireless Meshing sobre nodos designados, de modo que el AP afectado pueda establecer un uplink inalámbrico hacia un AP cableado. Por criterios de desempeño y continuidad operativa, esta condición se plantea como respaldo secundario y no como modo normal de operación, manteniendo el backbone cableado como ruta principal de transporte.

Finalmente, el CloudKey+ centraliza la administración UniFi (adopción, perfiles de radio, upgrades, alertas). Sobre esta base se activaron las políticas operativas tales como 802.11k/v/r, band-steering a 5 GHz, mínimos de RSSI y QoS (WMM) en los SSID. La topología resultante es sencilla de operar, escalable (nuevos AP/puertos por zona) y coherente con los KPI de diseño verificados en campo.

3.5.6 Parámetros de configuración de la solución

En este proyecto la configuración se documenta directamente desde el Dashboard UniFi (Cloud Key) mediante capturas de pantalla de los parámetros configurados. La plataforma UniFi es GUI/intent-based (orientada a políticas), por lo que el SSID, VLAN, radios, perfiles de puertos y topología reside en la consola gráfica.

Adicionalmente, se dejó prevista la política de contingencia mediante Wireless Meshing en la plataforma UniFi. Esta funcionalidad se habilita a nivel global en la aplicación y se asocia de manera controlada a nodos designados para uplink inalámbrico, manteniendo AP cableados como fuente de conectividad. Para su correcta operación, se considera que la relación de señal entre AP padre e hijo sea adecuada y que la banda de 5 GHz permanezca disponible para el enlace de malla. En esta solución, se reserva como mecanismo secundario de continuidad ante fallas del plano PoE o del uplink físico.

Para resguardo y auditoría, el cliente mantiene el backup del sitio (unf) y el Support File (ZIP con JSON); sin embargo, en el cuerpo del TSP se incluyen figuras que evidencian la configuración efectiva sin exponer credenciales ni datos sensibles. Cada imagen se acompaña de una descripción breve de los parámetros mostrados.

Tabla 12 Lista de equipos

TAREAS / AREA	TIPO AP	GABINETE	# SWITCH	PUERTO SWITCH	MAC
ETAPA ACCESS POINTS					
Almacén de Empaque					
ALEMP1	INDOOR	GAB. RECEPCION	SW 8P UBIQUITI	1	ac:8b:a9:80:6d:18
ALEMP2	INDOOR	GAB. RECEPCION	SW 8P UBIQUITI	2	ac:8b:a9:83:26:fa
ALEMP3	INDOOR	GAB. RECEPCION	SW 8P UBIQUITI	3	ac:8b:a9:80:e4:c0
ALEMP4	INDOOR	GAB. RECEPCION	SW 8P UBIQUITI	4	ac:8b:a9:83:25:af
ALEMP5	INDOOR	GAB. RECEPCION	SW 8P UBIQUITI	5	ac:8b:a9:83:27:99
ALEMP6	INDOOR	GAB. RECEPCION	SW 8P UBIQUITI	6	ac:8b:a9:80:ee:e9
Almacén de Recepción de Materiales					
ALREC1	INDOOR	GAB. RECEPCION	SW 8P UBIQUITI	7	ac:8b:a9:80:56:cc
Almacén de Materia Prima					
ALMPR1	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	1	ac:8b:a9:80:d6:9b
ALMPR2	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	2	ac:8b:a9:80:6e:38
ALMPR3	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	3	ac:8b:a9:80:5e:e8
ALMPR4	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	4	ac:8b:a9:80:f9:57
ALMPR5	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	5	ac:8b:a9:80:64:52
ALMPR6	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	6	ac:8b:a9:80:79:78
ALMPR7	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	7	ac:8b:a9:80:7b:a7
ALMPR8	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	8	ac:8b:a9:80:65:af
Almacén de Secos					
ALSECR1	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	9	ac:8b:a9:80:ec:3a
ALSECR2	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	10	ac:8b:a9:80:5d:ee
Almacén de Tránsito					
ALTRAN1	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	12	ac:8b:a9:80:68:62
ALTRAN2	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	13	ac:8b:a9:80:4e:80
Almacén McColin's 1					
ALMK11	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	18	ac:8b:a9:80:dd:77
ALMK12	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	19	ac:8b:a9:80:5d:22
ALMK13	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	20	ac:8b:a9:80:e5:01
Almacén McColin's 2					
ALMK21	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	16	ac:8b:a9:80:85:e4
ALMK22	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	17	ac:8b:a9:80:ec:1d
Almacén Producto Terminado					
ALPTR1	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	8	ac:8b:a9:80:89:9c
ALPTR2	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	9	ac:8b:a9:80:e8:6d
ALPTR3	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	10	ac:8b:a9:80:51:60
ALPTR4	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	11	ac:8b:a9:80:ef:3c
ALPTR5	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	12	ac:8b:a9:80:80:07
ALPTR6	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	13	ac:8b:a9:80:e3:87
ALPTR7	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	14	ac:8b:a9:80:e3:22
ALPTR8	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	15	ac:8b:a9:80:44:7d
Almacén de Despacho					
ALDES1	INDOOR	GAB. SECUNDARIO	SW del cliente	7	ac:8b:a9:80:e7:bc
Almacén de Savorizantes					
ALM2P1	INDOOR	GAB. PRINCIPAL	SW 24P UBIQUITI	11	ac:8b:a9:80:44:7d

Fuente. Elaboración propia (2025).

Tabla 13 Tabla de ubicación de switches

ID	DESCRIPCION	MODELO
1	SW_GAB_PRINC	USW Pro 24 PoE
2	WLC	CloudKey+ SMA
3	SW RECEPCION	SW 8P UBIQUITI

Fuente. Controladora Unifi SMA (2025).

Tabla 14 Tabla de Vlan

VLAN ID	DESCRIPCION	SEGMENTO
15	RED_WIFI	192.168.15.0/24
13	RED_SERVERS	192.168.13.0/24

Fuente. Controladora Unifi SMA (2025).

Tabla 15 Tabla de SSID

Información para la configuración de los SSID						
Nº	Nombre SSID	Método de Autenticación	Password SSID	Vlan a asignar	Segmento de red	Servidor DHCP
1	Alm_SMA	WPA3	#####	15	192.168.13.0/24	Mikrotik

Fuente. Controladora Unifi SMA (2025).

En la Figura 28 se muestra el tenant asignado de la controladora para SMA.

Name	Network	Broadcasting APs	WiFi Band	Clients	Security
Alm_SMA	Native Network	All APs	2.4 GHz 5 GHz	26	WPA2

Figura 28 Controladora Unifi SMA. Fuente. Omnisys/Dashboard UniFi (2025)

Tabla 16 Tabla clientes activos

Active Clients		
Client	IP Address	MAC Address
LGELAP09 c4:cd	192.168.15.222	a0:29:42:a4:c4:cd
HUAWEI_Y9_Prime_2019-75ba a5:db	192.168.15.204	54:0d:f9:2fa5:db
A56-de-D-stefano 6e:49	192.168.15.194	82:4a:09:9c:6e:49
UALLAP01 10:59	192.168.15.146	14:5a:fc:0d:10:59
Galaxy-A12 f0:5e	192.168.15.143	76:24:45:6f:f0:5e
iPhone 68:45	192.168.15.111	ca:b9:ee:4d:68:45
A06-de-mantenimiento3 96:b1	192.168.15.95	56:8d:86:c6:96:b1
moto-g04s fb:4a	192.168.15.88	02:1a:f6:86:fb:4a
HONOR-X8 02:61	192.168.15.78	22:d8:45:fe:02:61
Xiaomi-12T 06:db	192.168.15.48	6a:29:ad:95:06:db
S25-Ultra-de-Cristian-Miguel 0a:a9	192.168.15.47	12:78:f2:03:0a:a9
A24-de-Jorge-Esteban 1e:4a	192.168.15.44	6a:c8:e9:fb:1e:4a
00:10:20:ed:1b:36	192.168.15.42	00:10:20:ed:1b:36
RedmiNote9Pro-RedmiN 23:90	192.168.15.41	b8:94:e7:51:23:90
iPhone 8c:6a	192.168.15.40	ce:59:5c:26:8c:6a
4e:58:be:dd:15:98	192.168.15.36	4e:58:be:dd:15:98
HONOR-X6b 02:9b	192.168.15.33	82:a2:53:ff:02:9b
00:10:20:ea:8ecc	192.168.15.31	00:10:20:ea:8ecc
motorola-edge-50-fusion 4a:cf	192.168.15.22	ee:c6:24:c8:4a:cf
00:10:20:ed:19:04	192.168.15.15	00:10:20:ed:19:04
00:10:20:ed:1a:10	192.168.13.205	00:10:20:ed:1a:10
iPhone 8a:d0	192.168.13.202	7e:6c:3c:21:8a:d0
moto-g35-5G 55:60	192.168.13.168	ca:9d:b7:85:55:60
00:10:20:ed:19:bc	192.168.13.149	00:10:20:ed:19:bc
00:10:20:ed:1a:60	192.168.13.125	00:10:20:ed:1a:60

Fuente. Controladora Unifi SMA (2025).

En la Figura 29 se muestra los canales asignados al plan de la controladora Unifi.



Figura 29 Plan de canales. *Fuente.* Omnisys/Dashboard UniFi (2025)

En la Figura 30 se muestra los parámetros Wi-Fi asignados en las bandas 2.4 y 5 Ghz para el cliente SMA.

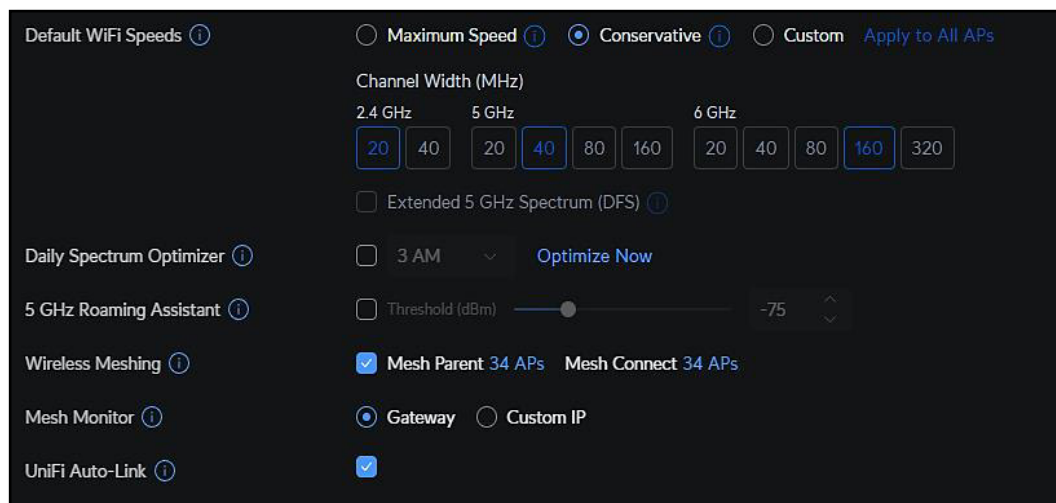


Figura 30 Parámetros Wi-Fi. Fuente. Omnisys/Dashboard UniFi (2025)

Tabla 17 DHCP Manager

Name	VLAN ID	Router	Subnet	DHCP	IP Leases	Pool Size	Available
Default	1	Third-party Gateway	192.168.15.0/24	Relay	-	-	-
VLAN13	13	Third-party Gateway	-	-	-	-	-

Fuente. Controladora Unifi SMA (2025).

Tabla 18 Control Plane

UniFi OS	Status	Version	Release Channel	Auto Update
UCK G2 Plus	Up to Date	4.3.6	Official	On
Application	Status	Version	Release Channel	Auto Update
Network	Up to Date	9.3.45	Official	On
Protect	Up to Date	6.0.53	Official	On
Access	Install	-	Official	-
Talk	Install	-	Official	-
Connect	Install	-	Official	-
InnerSpace	Install	-	Official	-

Fuente. Controladora Unifi SMA (2025).

3.6 Resultado de la actividad

3.6.1 Estado general del dashboard UNIFI

- Se observa el tráfico agregado (GB), conexiones y tasa de reintentos (TX retries) en el periodo seleccionado (1 h/1D/1W/1M).
- Se obtuvo un éxito del 100% en Association/Auth/DHCP/DNS.
- Se observó a los Top APs por actividad y Top Clients que están haciendo uso de la solución en tiempo real.
- Ancho de canal por defecto aplicado y políticas.
- La operación se mantiene estable con reintentos dentro del rango esperado y sin fallas en el pipeline de conectividad.

En la Figura 31 se muestra los parámetros de rendimiento a través del overview del dashboard UniFi.



Figura 31 Overview Dashboard UniFi. Fuente. Omnisys/Dashboard UniFi (2025)

3.6.2 Distribución de señal y densidad de celdas

- Porcentaje de muestras por encima de -65 dBm (potencia necesaria para los dispositivos del cliente).
- Observaciones de densidad de cobertura en los puntos de la solución desplegados.
- La mayor parte de las muestras de señal se mantiene ≥ -65 dBm, habilitando MCS altos y roaming sin cortes.

En la Figura 32 se muestra la densidad de la señal para los endpoint.

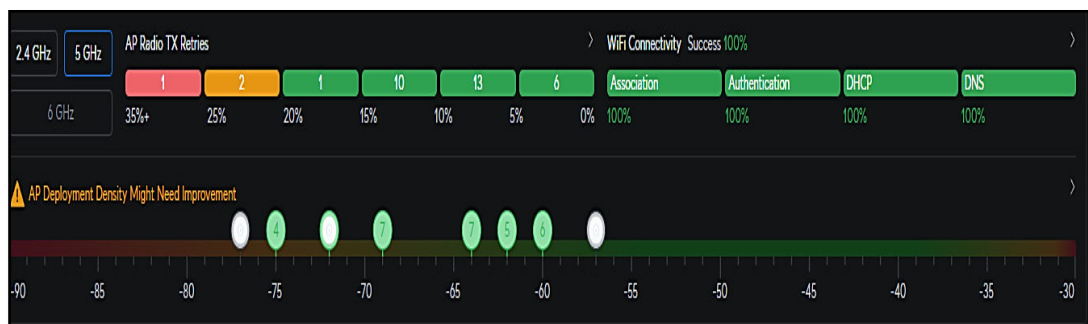


Figura 32 AP Deployment Density Dashboard UniFi. Fuente. Omnisys/Dashboard UniFi (2025)

3.6.3 Inventario y estados de puntos de acceso

- Total de APs operativos versus los planificados.
- Distribución de canales y potencias.
- Se observan las radios en DFS, APs con uplink cableado y energizado por POE+.
- Todos los APs se mantienen estables y sin presentar alarmas; adicional se cuenta con un plan de canales y potencias conforme al diseño.
- Identificación de alarmas en el dashboard unificado de la plataforma UniFi.
- Troubleshooting mediante acceso remoto a los Access Points según la zona de ubicación geográfica en planta.
- Envío de paquetes desde la consola Unifi hacia los equipos gestionados.

Tabla 19 Data APs conexiones

Type	Name	Status	IP Address	Uplink	Parent Device	Ch. 2.4 GHz	Ch. 5 GHz	Ch. 6 GHz	Connect.	Experien.	24HR Usage	Download	Upload
●	ALDES1	Up to date	192.168.13.27	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	2	Excellent	1.36 GB	↓ 5.46 Kbps	↑ 840 bps
●	ALEMP1	Up to date	192.168.15.10	GbE	-	11 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	No Clients	244 KB	↓ 2.97 Kbps	↑ 608 bps
●	ALEMP2	Up to date	192.168.15.225	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	No Clients	437 KB	↓ 2.88 Kbps	↑ 624 bps
●	ALEMP3	Up to date	192.168.15.238	GbE	-	11 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	No Clients	299 KB	↓ 3.62 Kbps	↑ 616 bps
●	ALEMP4	Up to date	192.168.15.223	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	No Clients	1.84 MB	↓ 3.28 Kbps	↑ 552 bps
●	ALEMP5	Up to date	192.168.15.8	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	Good	4.70 MB	↓ 2.98 Kbps	↑ 568 bps
●	ALEMP6	Up to date	192.168.15.9	GbE	-	6 (20 MHz)	36 (40 MHz)	-	1	No Clients	8.98 MB	↓ 4.23 Kbps	↑ 2.27 Kbps
●	ALM2P1	Up to date	192.168.15.231	GbE	SW_GAB_PRINC #11	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	Excellent	1.33 GB	↓ 2.87 Kbps	↑ 984 bps
●	ALMK11	Up to date	192.168.13.239	GbE	-	11 (20 MHz)	40 (40 MHz)	-	0	Excellent	220 MB	↓ 6.15 Kbps	↑ 1.62 Kbps
●	ALMK12	Up to date	192.168.13.28	GbE	-	6 (20 MHz)	40 (40 MHz)	-	0	No Clients	43.3 MB	↓ 5.65 Kbps	↑ 520 bps
●	ALMK13	Offline	192.168.13.31	-	-	-	-	-	0	No Clients	-	↓ 0 bps	↑ 0 bps
●	ALMK21	Up to date	192.168.13.32	GbE	-	11 (20 MHz)	40 (40 MHz)	-	0	No Clients	114 MB	↓ 6.38 Kbps	↑ 552 bps
●	ALMK22	Up to date	192.168.13.23	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	No Clients	7.65 MB	↓ 5.38 Kbps	↑ 592 bps
●	ALMPR1	Up to date	192.168.15.250	GbE	SW_GAB_PRINC #1	6 (20 MHz)	36 (40 MHz)	-	3	Poor	1.6 GB	↓ 2.11 Kbps	↑ 2.42 Kbps
●	ALMPR2	Up to date	192.168.15.247	GbE	SW_GAB_PRINC #2	6 (20 MHz)	44 (40 MHz)	-	1	Excellent	3.76 GB	↓ 2.86 Kbps	↑ 544 bps
●	ALMPR3	Up to date	192.168.15.240	GbE	SW_GAB_PRINC #4	11 (20 MHz)	44 (40 MHz)	-	0	Excellent	1.17 GB	↓ 2.84 Kbps	↑ 568 bps
●	ALMPR4	Up to date	192.168.15.248	GbE	SW_GAB_PRINC #3	11 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	1	Poor	3.59 GB	↓ 3.42 Kbps	↑ 1.09 Kbps
●	ALMPR5	Up to date	192.168.15.245	GbE	SW_GAB_PRINC #5	11 (20 MHz)	40 (40 MHz)	-	0	Excellent	1.28 GB	↓ 2.83 Kbps	Locate Restart
●	ALMPR6	Up to date	192.168.15.239	GbE	SW_GAB_PRINC #6	6 (20 MHz)	40 (40 MHz)	-	2	Poor	4.49 GB	↓ 3.47 Kbps	↑ 248 Kbps
●	ALMPR7	Up to date	192.168.15.243	GbE	SW_GAB_PRINC #7	11 (20 MHz)	36 (40 MHz)	-	0	Excellent	429 MB	↓ 2.89 Kbps	↑ 568 bps
●	ALMPR8	Up to date	192.168.15.244	GbE	SW_GAB_PRINC #8	6 (20 MHz)	36 (40 MHz)	-	0	No Clients	2.15 GB	↓ 2.99 Kbps	↑ 584 bps
●	ALPTR1	Up to date	192.168.13.22	GbE	-	11 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	1	No Clients	24.3 MB	↓ 5.39 Kbps	↑ 800 bps
●	ALPTR2	Up to date	192.168.13.21	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	1	No Clients	395 MB	↓ 5.59 Kbps	↑ 840 bps
●	ALPTR3	Up to date	192.168.13.24	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	No Clients	44.6 MB	↓ 6.25 Kbps	↑ 664 bps
●	ALPTR4	Up to date	192.168.13.26	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	No Clients	68.2 MB	↓ 5.45 Kbps	↑ 776 bps
●	ALPTR5	Up to date	192.168.13.29	GbE	-	11 (20 MHz)	40 (40 MHz)	-	0	No Clients	137 MB	↓ 6.19 Kbps	↑ 480 bps
●	ALPTR6	Up to date	192.168.13.30	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	No Clients	327 MB	↓ 6.30 Kbps	↑ 696 bps
●	ALPTR7	Up to date	192.168.13.20	GbE	-	6 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	No Clients	197 MB	↓ 5.86 Kbps	↑ 744 bps
●	ALPTR8	Up to date	192.168.13.25	GbE	-	1 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	0	Excellent	438 MB	↓ 5.94 Kbps	↑ 560 bps
●	ALREC1	Up to date	192.168.15.7	GbE	-	11 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	3	Excellent	5.47 GB	↓ 1.97 Mbps	↑ 31.0 Kbps
●	ALSECR1	Up to date	192.168.15.37	GbE	SW_GAB_PRINC #9	6 (20 MHz)	44 (40 MHz)	-	0	Excellent	44.4 MB	↓ 2.79 Kbps	↑ 496 bps
●	ALSECR2	Up to date	192.168.15.242	GbE	SW_GAB_PRINC #10	6 (20 MHz)	36 (40 MHz)	-	0	Excellent	1.11 GB	↓ 3.06 Kbps	↑ 592 bps
●	ALTRAN1	Up to date	192.168.15.230	GbE	SW_GAB_PRINC #12	6 (20 MHz)	40 (40 MHz)	-	4	Excellent	3.25 GB	↓ 2.42 Kbps	↑ 11.6 Mbps
●	ALTRAN2	Up to date	192.168.15.232	GbE	SW_GAB_PRINC #13	11 (20 MHz)	48 (40 MHz)	-	5	Excellent	4.47 GB	↓ 915 Kbps	↑ 591 Kbps

Fuente. Controladora Unifi SMA (2025).

3.6.4 Utilización de canal y salud de radio

- Visualización de las Radios para ver el canal utilizado por AP.
- Valores típicos de utilización < 50–60 % en 5 GHz y < 40–50 % en 2.4 GHz.
- Identificación de radios con picos de utilización o ruido altos.
- Habilitando MCS altos y roaming sin cortes.

En la Figura 33 se muestra los parámetros del AP ALDES1 como señal de TX, Modelo, IP, MAC y status.

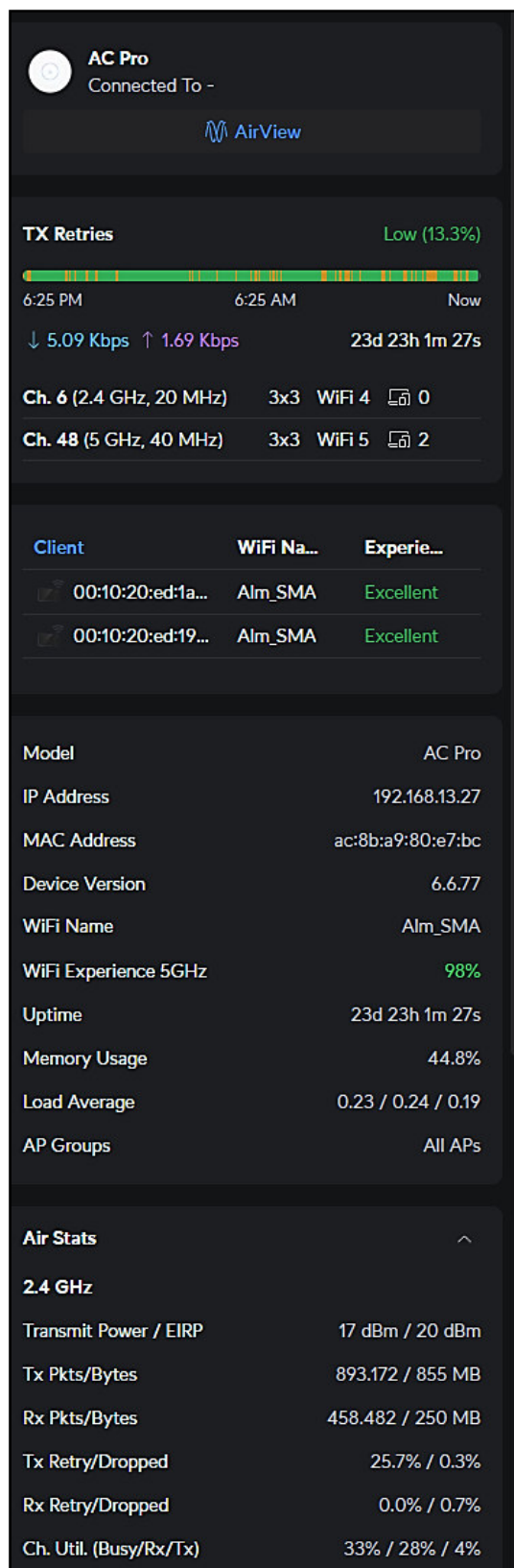


Figura 33 AP Parámetros. Fuente. Omnisys/Dashboard UniFi (2025)

En la Figura 34 se muestra los canales y uso de este por parte del AP ALDES1.

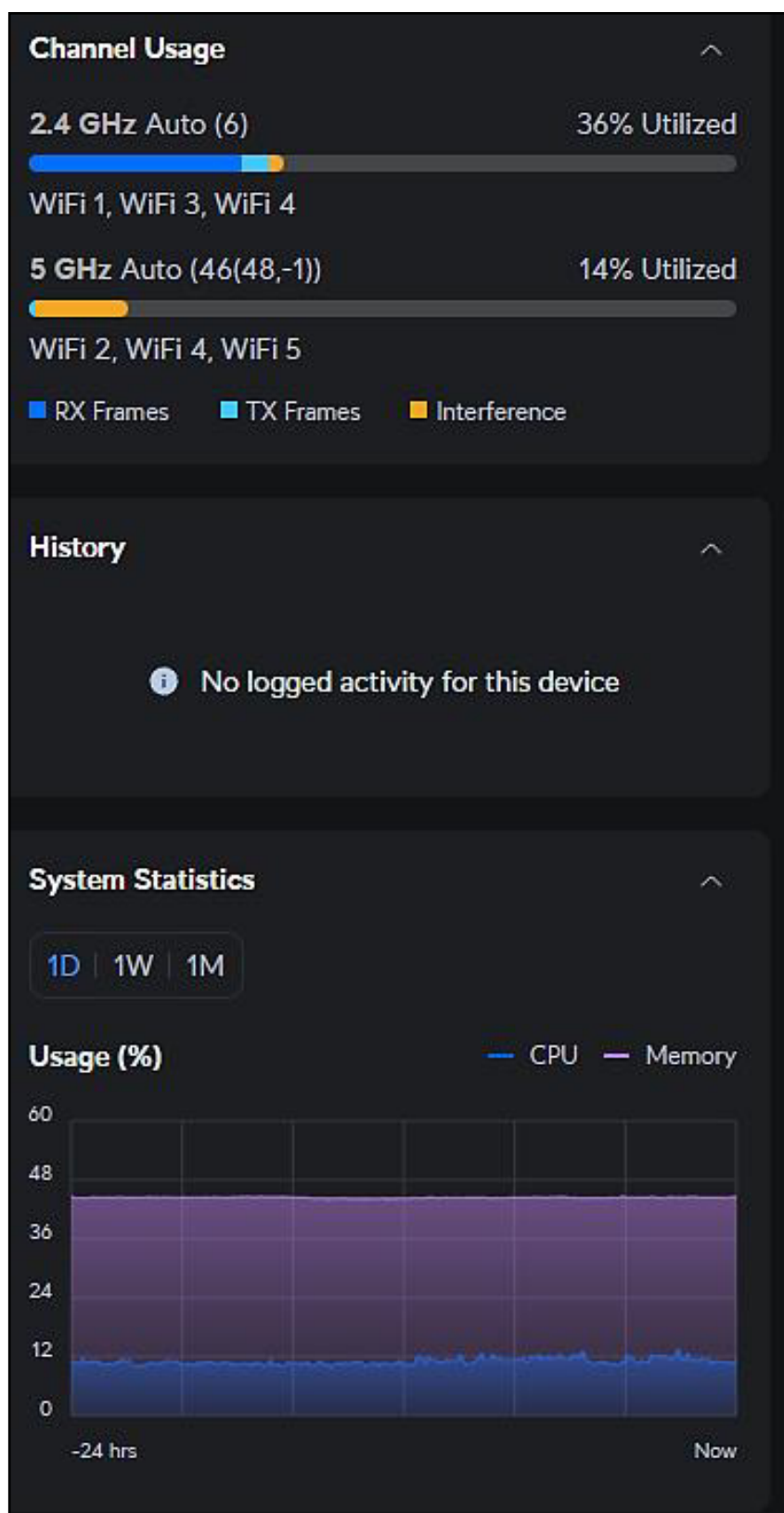


Figura 34 **Channel Usage**. Fuente. Omnisys/Dashboard UniFi (2025)

3.6.5 Clientes conectados y experiencia

- Se muestra la cantidad de clientes concurrentes, tipos de endpoints y experiencia de usuario.
- Visualización de canal donde se conectan los equipos críticos.
- Los dispositivos de picking mantienen una experiencia óptima y permanecen en el canal más óptimo asignado.

Tabla 20 Conexión y calidad de señal

Name	Vendor	Connection	Netwo...	WiFi	Experien...	Technol...	Channel	IP Addr...	Activity
e4:38:83:db:03:54	Ubiquiti Inc	SW_GAB_PRINC...	Default	-	Excellent	GbE	-	192.168.15.254	0 bps
UALLAP0110:59	Liteon Technology Corporation	ALREC1	-	Alm_SMA	Excellent	2x2, WiFi 5	48 (5 GHz, 40 MHz)	192.168.15.146	2.06 Mb
moto-g04s fb:4a	-	ALMPR4	-	Alm_SMA	Excellent	1x1, WiFi 4	11 (2.4 GHz, 20 MHz)	192.168.15.88	8 bps
A24-de-Jorge-Esteban 1e:4a	-	ALTRAN2	-	Alm_SMA	Excellent	1x1, WiFi 5	48 (5 GHz, 40 MHz)	192.168.15.44	444 Kbp
HONOR-X6b 02:9b	-	ALTRAN1	-	Alm_SMA	Excellent	1x1, WiFi 4	6 (2.4 GHz, 20 MHz)	192.168.15.33	3.62 Kbp
motorola-edge-50-fusion 4a:cf	-	ALTRAN1	-	Alm_SMA	Excellent	2x2, WiFi 4	6 (2.4 GHz, 20 MHz)	192.168.15.22	715 Kbp
iPhone 8c:6a	-	ALTRAN2	-	Alm_SMA	Excellent	1x1, WiFi 5	48 (5 GHz, 40 MHz)	192.168.15.21	3.46 Mb
00:10:20:ed:19:bc	Hand Held Products Inc	ALDES1	-	Alm_SMA	Excellent	1x1, WiFi 5	48 (5 GHz, 40 MHz)	192.168.13.149	72 bps
00:10:20:ed:1a:60	Hand Held Products Inc	ALDES1	-	Alm_SMA	Excellent	1x1, WiFi 5	48 (5 GHz, 40 MHz)	192.168.13.125	8 bps
e4:38:83:db:03:55	Ubiquiti Inc	SW_GAB_PRINC...	Default	-	Excellent	GbE	-	-	0 bps

Fuente. Controladora Unifi SMA (2025).

3.6.6 Roaming y continuidad de sesión

- Se muestra historial de una pistola picking del cliente en movimiento (roams entre APs) y el log de eventos de roaming.
- El cliente percibe el recorrido y estabilidad percibida (no se presenta desconexiones).
- Confirmación de 802.11k/v/r habilitado en el SSID y efecto: traspasos rápidos (no se tuvo caídas por personal en el almacén).

El handoff se ejecuta sin cortes perceptibles; la sesión de las pistolas se mantiene continua durante el picking.

En la Figura 35 se muestra el estado de conexión del servicio picking y la experiencia de TX del roaming.

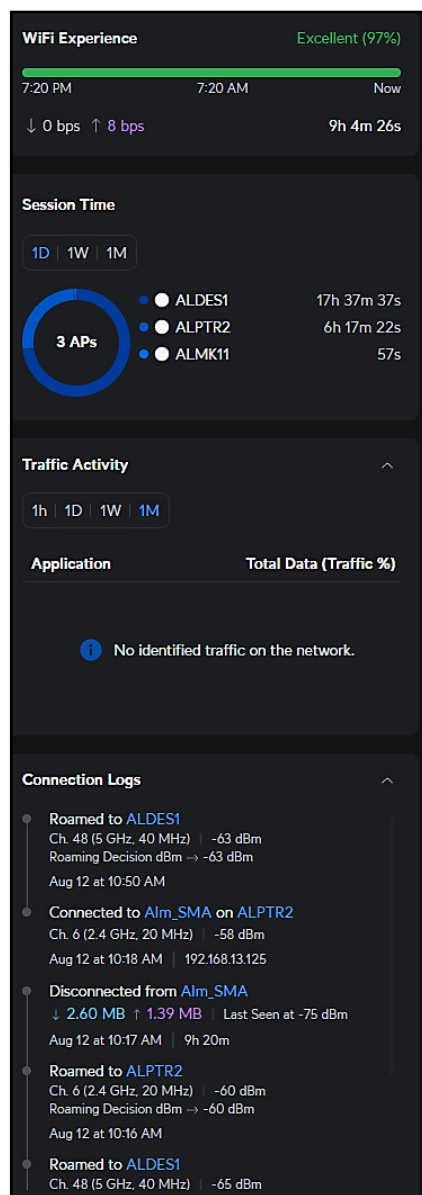


Figura 35 Continuidad de Roaming para un Endpoint. Fuente. Omnisys/Dashboard UniFi (2025)

3.6.7 Estabilidad de la red cableada

- Energización POE+ suficiente para el total de APs.
- Ausencia de errores o flaps en puertos críticos.
- El cableado estructurado desplegado es estable y con margen de PoE; soporte eléctrico garantizado para la malla de APs.

En la Figura 36 se muestra la conexión y estadística por puerto en el switch principal.

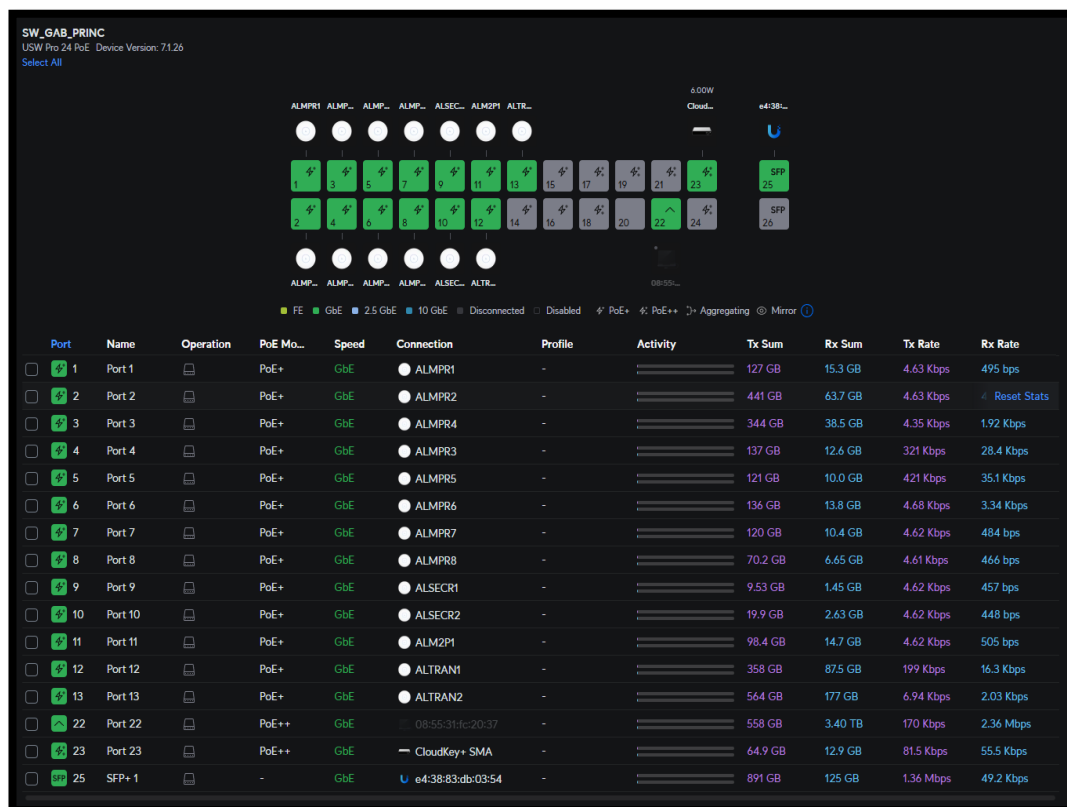


Figura 36 Conectividad backbone. Fuente. Omnisys (2025)

3.6.8 Respaldo y continuidad operativa

- Se tiene evidencia de backups vigentes y uptime del controlador desde el dashboard UniFi.
- Se mantienen prácticas de continuidad operativa y trazabilidad de configuración.

En la Figura 37 se muestra el recurso del backup el cual se puede conseguir directamente desde el dashboard.

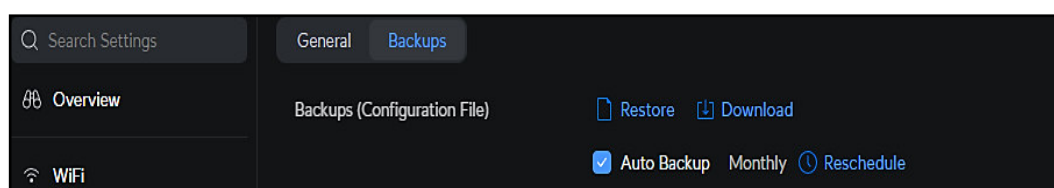


Figura 37 Recopilación Backup. Fuente. Omnisys (2025)

4. CAPÍTULO IV:

DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Descripción de la implementación

En este capítulo se contrasta los objetivos del proyecto con la evidencia obtenida en sitio y en el dashboard de gestión UniFi. Se planteó como hipótesis que una WLAN sin cortes con canales de 20 MHz, control de potencia y roaming asistido (802.11k/11v/11r) garantizaría continuidad de sesión para el proceso de picking, aun con estantería metálica, bloqueo por anaqueles y tránsito permanente en almacenes.

Síntesis de hallazgos técnicos:

Las métricas de aceptación se cumplieron en las zonas operativas validando la potencia recibida ≥ -65 dBm y SNR ≥ 25 dB en pasillos críticos; tiempos de handoff por debajo de 150 ms; y pipeline de conectividad con 100% de éxito en asociación de endpoints, autenticación, DHCP y DNS. La reutilización de canal en 5 GHz, combinada con potencias contenidas y ancho de 20 MHz, mantuvo la utilización de radio en valores saludables y redujo los reintentos (TX retries) a niveles esperados para el entorno. En 2.4 GHz se preservó cobertura de respaldo con 1/6/11 y potencias más bajas para disminuir el solapamiento.

Implicancias operativas:

Durante los walking tests sobre rutas reales de picking no se observaron cortes perceptibles al cambiar de pasillo o zona. Las pistolas lectoras mantuvieron sesiones estables y la transmisión hacia la nube se sostuvo con latencia óptima; en la práctica esto se tradujo en menos relecturas y menor tiempo muerto entre tareas. La visibilidad centralizada del inventario de APs,

clientes y canales en UniFi simplifica la operación diaria (alertas, upgrades, seguimiento de experiencia por usuario o dispositivo).

Factores críticos del diseño que explican los resultados:

- Topología y backhaul cableado: todos los APs operan con uplink ethernet y PoE estable; la malla inalámbrica queda solo como contingencia.
- Plan de canales/potencia y celdas cortas: 20 MHz en 2.4/5 GHz, evitando solapamiento (CCI/ACI) y favoreciendo handoffs rápidos.
- Asistencia al roaming y política de RSSI mínimo: 802.11k/11v/11r + band-steering a 5 GHz + umbral de RSSI para conectar al cliente al mejor AP.
- Segmentación lógica (SSID/VLAN): aislamiento de tráfico de producción, administración y servidores; control claro de políticas y seguridad.

Factores críticos del diseño que explican los resultados:

La consola CloudKey centraliza respaldos, políticas y telemetría. Se dejó al cliente procedimientos de gobierno de cambios (backup previo, ventana, verificación y rollback), así como un juego de mapas as-built y perfiles estándar para altas futuras de APs o switches. La arquitectura es escalable lo cual permite añadir celdas donde crezca la demanda sin rediseñar el core del diseño.

4.2 Evaluación económica

La evaluación económica del proyecto busca determinar si la implementación de la red WLAN es financieramente conveniente. Para ello, se consideran los costos de equipamiento, materiales, instalación y soporte, así como los beneficios generados por la reducción de tiempos muertos, relecturas por fallas de conectividad e incidencias técnicas durante el proceso de picking.

La inversión inicial del proyecto es de US\$ 25,489.69 y el costo operativo anual por soporte es de US\$ 1,800.00. El análisis se realiza en un horizonte de cinco años con una tasa de descuento del 12 % anual.

Bajo un escenario conservador, se estima un ahorro anual de US\$ 10,800.00, producto de la mejora en la continuidad operativa y la reducción de reprocesos y fallas de conectividad. Descontando el costo anual de soporte, el beneficio neto anual del proyecto es de US\$ 9,000.00.

Tabla 21 Costo de equipamiento

Equipamiento	Precio de Lista	Margen Proyecto	Precio Final
38 Aps UAP-AC-PRO - UBIQUITI	\$ 7,306.26	1.1	\$ 8,036.89
01 Switch UISP-S de 8P POE 110W	\$ 200.03	1.2	\$ 240.04
01 Switch USW-PRO-24-POE - UBIQUITI 400W	\$ 947.96	1.15	\$ 1,090.15
01 Controladora UCK-G2-PLUS - UBIQUITI	\$ 246.79	1.1	\$ 271.47
03 Aps UAP-AC-PRO Spare	\$ 576.81	1.1	\$ 634.49
01 Switch USW-PRO-24-POE Spare	\$ 951.50	1.1	\$ 1,046.65
TOTAL	\$ 10,229.35		\$ 11,319.69

Fuente. Análisis Financiero Omnisys SMA (2025).

Tabla 22 Costo Fibra Optica

ITEM	P.N.	DESCRIPCIÓN	U.M.	CANT.	Precio USD	Precio S/.
FIBRA OPTICA - UPLINK						
I.0	OMNISYS	Media converter MM LC	U	2		S/ 360.00
I.1	OMNISYS	Fibra optica OUT/IN 6 hilos LSZH MM ó Preconectorizada (Cable trunk)	M	90	\$ 353.06	
I.2	OMNISYS	Resane y limpieza post implementación (Corte, sellado, pintura, no caja de registro)	V	1		S/ 900.00

Fuente. Análisis Financiero Omnisys SMA (2025).

Tabla 23 Costo Cableado Estructurado

ITEM	P.N.	DESCRIPCIÓN	U.M.	CANT.	Precio USD	Precio S/.
CABLEADO VERTICAL-HORIZONTAL, TR Y AREA DE TRABAJO						
I.11	OMNISYS	Gabinete Pared 6-9 RU interior	U	1		500.00
I.12	OMNISYS	Pernos y taco de expansión para Anclaje 3/4"	U	6		50.00
I.13	OMNISYS	Tuercas y pernos estufas (enjaulados para rack) x 50 unidades	U	1		75.00
I.14	OMNISYS	Cable UTP Cat. 6A LSZH - 3 //	RLL	7		6,650.00
I.15	OMNISYS	Patch Cord de 20cmt - 1m Cat. 6A (Gabinete)	U	38		1,824.00
I.16	OMNISYS	Patch Cord de 3mt Cat. 6A (Gabinete)	U	4		240.00
I.17	OMNISYS	Power inyector AP caja	U	0		0.00
I.18	OMNISYS	Organizador Horizontal Frontal 1-2RU	U	3		96.00
I.19	OMNISYS	Patch Panel de 24 puertos modular cat6A (vacíos)	U	3		870.00
I.20	OMNISYS	Jack RJ45 Cat. 6A Data NEGRO	U	38		1,368.00
I.21	OMNISYS	Conector MPTL RJ45 Cat. 6A	U	38		1,824.00
I.22	OMNISYS	Conector plug RJ45 y capucha para RJ45	U	0		0.00
I.23	OMNISYS	Regletas electricas de 8 salidas	U	1		65.00
I.24	OMNISYS	Barra de tierra para gabinete	U	1		65.00
I.25	OMNISYS	Cinta velcro x 10mts	U	1		9.00
I.26	OMNISYS	Mástil para access point (opcional 1-2 mt) - opcional	U	38		7,600.00
I.27	OMNISYS	Etiquetas para cable, patch panel, equipo FO-UTP	Glb	1		160.00

Fuente. Análisis Financiero Omnisys SMA (2025).

Tabla 24 Costo Ductería

ITEM	P.N.	DESCRIPCIÓN	U.M.	CANT.	Precio USD	Precio S/.
DUCTERIA EMT 3/4"						
I.29	OMNISYS	Tubo EMT 1"	U	510		8,160.00
I.30	OMNISYS	Conector Conduit 1"	U	100		200.00
I.31	OMNISYS	Union EMT 1"	U	700		1,400.00
I.32	OMNISYS	Curva Conduit 1"	U	50		225.00
I.33	OMNISYS	Abrazadera EMT para 1" (2 orejas) // Gota	U	500		200.00
I.34	OMNISYS	Tarugos y tirafón naranja x 100 unidades	U	2		52.00
I.35	OMNISYS	Tarugos y tornillos verde x 100 unidades	U	2		33.00
I.36	OMNISYS	Riel unistrut alto 2.4mt 1-5/8" (41x41mm)	U	10		170.00
I.37	OMNISYS	Abrazadera unistrut tipo RC 1" (pares)	U	200		400.00
I.38	OMNISYS	Caja de Metálico 20x20	U	60		870.00
I.39	OMNISYS	Caja de Metálico 15x15	U	38		342.00
I.40	OMNISYS	Taco de expansión x 10 unidades	U	0		0.00
I.41	OMNISYS	Espárrago 2mt 3/8"	U	10		70.00
I.42	OMNISYS	Tuerca hexagonal C 3/8" x50 unidades	B	4		20.00
I.43	OMNISYS	Cinta Aislante	U	1		6.00
I.44	OMNISYS	Cartucho etiquetadora BRADY Etiquetas para cable, patch panel, equipo	U	1		145.00
I.45	OMNISYS	Cinta maskingtape	U	3		12.00
I.46	OMNISYS	Cintillos plasticos 30 cm	U	4		36.00
I.47	OMNISYS	Arandelas diametro 10mm 50 Unid	U	1		15.00
I.48	OMNISYS	Tomillos auto perforantes (Sujeción a Lata) x 100 UNID	U	3		36.00
I.49	OMNISYS	Tubo Corrugado Metálico x 3/4-1"	M	30		135.00
I.50	OMNISYS	Conector hermético para 3/4-1"	U	20		90.00
I.51	OMNISYS	Bandeja portacables + 10% (Tipo malla 30cm ancho + Accesorios)	M	10		1,100.00

Fuente. Análisis Financiero Omnisys SMA (2025).

Tabla 25 Costo Total

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	PAGO ÚNICO (USD)
1	Servicios de implementación:			
	• Instalación y configuración de 02 Switch.			
	• Instalación y configuración de 01 Controlador Unifi.			
	• Instalación y configuración de 38 Aps.			
	• Instalación de 01 Gabinete de pared de 9Ru.			
	• Instalación de Fibra Multimodo de 90 mts.(Gab Recepcion)			
	• Instalación de cableado para 38 puntos de red CAT6 para la zona de Almacen piso 1 y 2	1	\$ 2,200.00	\$ 2,200.00
2	Materiales			
	• Provisión de cableado UTP (incluye materiales y accesorios necesarios para el despliegue)	1	\$ 3,395.00	\$ 3,395.00
	• Provisión de 01 Gabinete de pared de 9Ru.	1	\$ 490.00	\$ 490.00
	• Provisión de Fibra Multimodo (incluye materiales)	1	\$ 500.00	\$ 500.00
	• Provisión de materiales para ductería y bandejas metálicas.	1	\$ 2,900.00	\$ 2,900.00
3	Equipamiento			
	• Provisión de Aps UAP-AC-PRO - UBIQUITI	38	\$ 211.50	\$ 8,036.89
	• Provisión de Switches Ubiquiti USW-S de 8P POE 110W	1	\$ 240.04	\$ 240.04
	• Provisión de Switches Ubiquiti USW-PRO-24-POE - UBIQUITI 400W	1	\$ 1,090.46	\$ 1,090.46
	• Provisión de 01 Controlador UCK-G2-PLUS - UBIQUITI	1	\$ 271.47	\$ 271.47
	• APS Ubiquiti UAP-AC-PRO Spare	3	\$ 211.50	\$ 634.49
	• Switch Sw de 24P spare 1210 (spare)	1	\$ 1,046.65	\$ 1,046.65
TOTAL				\$ 25,888.00

Fuente. Análisis Financiero Omnisys SMA (2025).

Tabla 26 Costo Soporte

Descripción	Tiempo de contrato (Meses)	Cantidad	Pago recurrente mensual (USD)
Soporte 24x7 de:			
• 02 Switches Ubiquiti			
• 38 Aps Ubiquiti			
• 01 Controladora Unifi			
• Asistencia Remota.			
• 36 meses de contrato	36	36	\$ 90.00
Gestión 24x7 de:			
• 38 Aps Ubiquiti			
• 01 Controladora Unifi			
• Asistencia Remota.			
• 36 meses de contrato	36	36	\$ 60.00
• Configuraciones y/o requerimientos			
TOTAL			\$ 150.00

Fuente. Análisis Financiero Omnisys SMA (2025).

Para la presente evaluación económica se consideran los siguientes datos:

- Inversión inicial total (I0): US\$ 25,489.69
- Costo anual de soporte (Cs): US\$ 1,800.00
- Beneficio anual estimado (Bt): US\$ 10,800.00
- Beneficio neto anual (Bn = Bt – Cs): US\$ 9,000.00
- Horizonte de evaluación: 5 años
- Tasa de descuento: 12 % anual

Con base en los datos de evaluación, se calcularon los principales indicadores financieros del proyecto.

- Relación beneficio/costo (B/C):

$$B/C = \text{Valor presente de beneficios} / \text{Valor presente de costos}$$

Reemplazando los valores del proyecto:

$$B/C = 38,931.58 / 31,978.29 = 1.22$$

Dado que la relación beneficio/costo es mayor que 1, se concluye que la inversión resulta económicamente conveniente.

- Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = \sum [Ft / (1 + i)^t] - I_0$$

Aplicando los flujos netos anuales de US\$ 9,000.00, una tasa de descuento del 12 % y un horizonte de 5 años, se obtiene:

$$VAN = \text{US\$ } 6,953.30$$

Al ser el VAN positivo, el proyecto es financieramente viable.

- Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR corresponde a la tasa que hace que el VAN sea igual a cero.
Para el presente proyecto, el resultado es:

$$TIR = 22.52 \%$$

Dado que la TIR supera la tasa de descuento adoptada (12 %), la inversión es rentable.

- Periodo de recuperación simple:

$PR = \text{Inversión inicial} / \text{Beneficio neto anual}$

$$PR = 25,489.69 / 9,000.00 = 2.83 \text{ años}$$

Por tanto, la inversión inicial se recuperaría aproximadamente en 2 años y 10 meses.

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- La implementación de la nueva red WLAN diseñada con canales de 20 MHz, prioridad 5 GHz, control de potencia y 802.11k/11v/11r eliminó los micro cortes del picking y el handoff resultó imperceptible y la sesión se mantiene continua en todo el recorrido corroborado en las pruebas con personal en sitio.
- El diseño de celdas cortas con solape 15–20 % y el plan de reutilización de canal en 5 GHz minimizaron CCI/ACI y TX retries; 2.4 GHz quedó como respaldo de cobertura.
- El backhaul cableado para todos los AP y el presupuesto PoE disponible en switches evitaron cuellos de botella y sostuvieron baja latencia.
- La segmentación por SSID/VLAN y la orquestación con UniFi/CloudKey incrementaron la confiabilidad y trazabilidad operativa, facilitando monitoreo, respaldo y gobierno de cambios.
- La solución es escalable y mantenible en el cual solo bastan revisiones periódicas de RF y ajustes finos de potencia/canales ante cambios de layout para sostener el desempeño; el impacto operativo se refleja en menos relecturas y menor tiempo muerto en el proceso de picking.

6. CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

Para sostener y mejorar el desempeño logrado, se recomienda mantener canales fijos de 20 MHz con prioridad en 5 GHz y revisiones periódicas a la reutilización de canal y los TX retries desde UniFi antes de aplicar cambios. Conservar los estándares 802.11k/11v/11r, band-steering a 5 GHz y un umbral de RSSI mínimo; si ingresan nuevos endpoints se debe crear un perfil/SSID específico y validar sus handoffs.

Mantener todos los AP con backhaul cableado, reservar 25–30% de presupuesto PoE y proteger con UPS; ante nuevas altas, verificar PoE y uplinks. Operar con gobierno de cambios realizando un ajuste por vez, con backup previo, ventana de baja carga y registro del antes y después de KPI (RSSI, SNR, latencia, pérdida y pipeline de conectividad).

Cuando cambie el layout de racks, se debe realizar un nuevo walking tests y recalibrar potencias; preservar 2.4 GHz contenido (1/6/11) como respaldo. Escalar replicando celdas cortas con 15–20% de solape y actualizar planos as-built. Finalmente, homologar firmware y preferencias de los endpoints (5 GHz), y mantener la segmentación SSID/VLAN y políticas de seguridad sin afectar la continuidad del picking.

7. CAPÍTULO VII: REFERENCIAS

Gast, M. S. (2005). 802.11 wireless networks: The definitive guide. O'Reilly Media.

IEEE. (2021). IEEE Standard for information technology—Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—Part 11: Wireless LAN MAC and PHY specifications (IEEE Std 802.11-2020). <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2021.9363693>

Ubiquiti Inc. (2025). AP antenna radiation patterns. <https://help.ui.com/hc/en-us/articles/115005212927-AP-Antenna-Radiation-Patterns>

Ubiquiti Inc. (2025). Maximizing wireless speeds. <https://help.ui.com/hc/en-us/articles/360012947634-Maximizing-Wireless-Speeds>

Ubiquiti Inc. (2025). Optimizing Wi-Fi connectivity and reducing latency. <https://help.ui.com/hc/en-us/articles/221029967-Optimizing-Wi-Fi-Connectivity-and-Reducing-Latency>

Ubiquiti Inc. (2025). Understanding and implementing minimum RSSI. <https://help.ui.com/hc/en-us/articles/221321728-Understanding-and-Implementing-Minimum-RSSI>

Ubiquiti Inc. (2023). USW-Pro-24-PoE datasheet. Ubiquiti.
https://dl.ui.com/ds/usw-pro-24-poe_ds.pdf

Ubiquiti Inc. (2025). UniFi AC Pro – tech specs.
<https://techspecs.ui.com/UniFi/Wi-Fi/uap-ac-pro>

Ubiquiti Inc. (2025). Cloud Key Gen2 Plus datasheet.
https://dl.ui.com/ds/uck-g2-plus_ds.pdf

Bianchi, G. (2000). Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 18(3), 535–547.

Geier, J. (2015). Designing and Deploying 802.11 Wireless Networks: A Practical Guide to Implementing 802.11ac and 802.11n.

Gast, M. (2013). 802.11ac: A Survival Guide—Wi-Fi at Gigabit and Beyond. O'Reilly Media.

Lamiño Morales, A. J. (2021). Análisis, implementación y evaluación del desempeño del estándar IEEE 802.11 ax en escenarios reales y simulados.
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25710>.

von Nagy, A. (2012, December 10). Design your WLAN for high capacity. Revolution Wi-Fi.

Hernández Gálvez, H. (2019). Diseño de la red inalámbrica WI-FI para los visitantes del parque del café.
<https://hdl.handle.net/11059/11200>.

MacKenzie, P. (2019, noviembre 21). Analysing roaming protocols [Video].

MacKenzie, P. (s. f.). PMK caching, pre-authentication and OKC [Blog]. MackenzieWi-Fi.

Bowden, N. (2019, August 23). Wireless analysis resources (enlaces a CWAP/roaming). Wi-FiNigel.

Díaz Garzón, J. C. (2022). Diseño de una red Wi-Fi 6 en la banda de 6 GHz para posible implementación en centros comerciales de Bogotá. Repositorio Institucional. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/12135>.

Carracedo Iglesias, E. (2021). Diseño de una red Wi-Fi de alta densidad para un edificio singular. Archivo Digital UPM. <https://oa.upm.es/72178/>.

Castillo, D. (2020). Análisis y diseño de una red Wireless que permita el acceso gratuito de internet en la zona turística de la parroquia Tachina. <https://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15572>.

Barrenechea Zavala, T. I. (2011). Diseño de una red inalámbrica para una empresa de Lima [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/809>.

8. CAPÍTULO VIII: ANEXOS

ANEXO 1:

Parámetros de configuración usados para la implementación de la red inalámbrica para el cliente Laboratorios SMA por medio de equipamiento Ubiquiti.

- VLAN 13 – SERVERS → 192.168.13.0/24 → Gateway .1
- VLAN 15 – WI-FI_OPERACION → 192.168.15.0/24 → Gateway .1
- VLAN 99 – MGMT → 192.168.99.0/24 → Gateway .1
- WAN Mikrotik: ether0 función de DHCP de Entel
- Troncales L2 desde Mikrotik: ether1 → Ubiquiti USW Pro 24 PoE, ether2 → Aruba 2530
- Puertos de AP: untagged VLAN 99 (VLAN de gestión) + tagged VLAN 15 (SSID de operación)
- Puertos de servidores: untagged VLAN 13

ANEXO 2:

Configuración Router Mikrotik (CPE) Capa 3 - DHCP - NAT y filtrado lo cual permitirá establecer rutas brindando salida hacia internet a través del ISP, se realizó el tagging de la VLAN y configuración de las IPs asociadas a la red del cliente.

```
# =====
# BRIDGE + VLAN (troncales ether1/ether2)
# =====
/interface bridge
```

```
add name=br-core VLAN-filtering=yes protocol-mode=none
```

```
/interface bridge port
```

```
add bridge=br-core interface=ether1 # trunk a USW Pro 24 PoE
```

```
add bridge=br-core interface=ether2 # trunk a HP 2530
```

```
# SVI (interfaces VLAN) en el bridge
```

```
/interface VLAN
```

```
add name=VLAN13-servers interface=br-core VLAN-id=13
```

```
add name=VLAN15-Wi-Fi interface=br-core VLAN-id=15
```

```
add name=VLAN99-mgmt interface=br-core VLAN-id=99
```

```
# Tabla de VLAN del bridge (quién etiqueta)
```

```
/interface bridge VLAN
```

```
add bridge=br-core VLAN-ids=13 tagged=br-core,ether1,ether2
```

```
add bridge=br-core VLAN-ids=15 tagged=br-core,ether1,ether2
```

```
add bridge=br-core VLAN-ids=99 tagged=br-core,ether1,ether2
```

```
# =====
```

```
# DIRECCIONAMIENTO
```

```
# =====
```

```
/ip address
```

```
add address=192.168.13.1/24 interface=VLAN13-servers comment="GW  
SERVERS"
```

```
add address=192.168.15.1/24 interface=VLAN15-Wi-Fi comment="GW WI-  
FI"
```

```
add address=192.168.99.1/24 interface=VLAN99-mgmt comment="GW  
MGMT"
```

```
# WAN por DHCP
```

```
/ip dhcp-client
```

```
add interface=ether0 use-peer-dns=no add-default-route=yes
```

```
# =====
# DHCP SERVERS (WI-FI y MGMT)
# =====

/ip pool

add name=pool-Wi-Fi ranges=192.168.15.50-192.168.15.200
add name=pool-mgmt ranges=192.168.99.50-192.168.99.200

/ip dhcp-server
add name=dhcp-Wi-Fi interface=VLAN15-Wi-Fi address-pool=pool-Wi-Fi
lease-time=8h
add name=dhcp-mgmt interface=VLAN99-mgmt address-pool=pool-mgmt
lease-time=12h

/ip dhcp-server network
add address=192.168.15.0/24 gateway=192.168.15.1 dns-
server=192.168.99.1,8.8.8.8
add address=192.168.99.0/24 gateway=192.168.99.1 dns-
server=8.8.8.8,1.1.1.1

# =====
# DNS LOCAL
/ip dns
set servers=8.8.8.8,1.1.1.1 allow-remote-requests=yes

# =====
# NAT (salida a Internet)
/ip firewall nat
add chain=srcnat out-interface=ether0 action=masquerade comment="NAT a
Internet"

# =====
```

FIREWALL FILTER

/ip firewall filter

Política base

add chain=input connection-state=established,related action=accept

add chain=input connection-state=invalid action=drop

Admin desde MGMT

add chain=input in-interface=VLAN99-mgmt src-address=192.168.99.0/24

action=accept

Bloquear admin desde otras VLAN

add chain=input in-interface=!VLAN99-mgmt action=drop

Forwarding: permitir tráfico LAN->WAN y entre VLAN controlado

add chain=forward connection-state=established,related action=accept

add chain=forward connection-state=invalid action=drop

WI-FI (Internet permitido)

add chain=forward in-interface=VLAN15-Wi-Fi out-interface=ether0

action=accept

WI-FI -> SERVERS: puertos necesarios (HTTPS 443, API 8443)

/ip firewall address-list

add list=servers-lan address=192.168.13.0/24

add chain=forward src-address=192.168.15.0/24 dst-address-list=servers-lan

protocol=tcp dst-port=443 action=accept

add chain=forward src-address=192.168.15.0/24 dst-address-list=servers-lan

action=drop

MGMT

add chain=forward src-address=192.168.99.0/24 action=accept

=====

```
# SERVICIOS y HARDENING
```

```
/ip service
```

```
set telnet,ftp,ssh,www,api,winbox address=192.168.99.0/24 disabled=no
```

ANEXO 3:

Configuración del equipo switch Aruba 2530 (Aruba/Cliente) se realizará la conmutación L2 y creación de perfiles por puertos. Se ajustarán los perfiles según el orden diseñado en la topología.

- Troncal (puertos 1 y 24) con VLAN 13/15/99 tagged.
- Servidores en 2–6 untagged VLAN 13.
- AP/usuarios en 7–20 con untagged VLAN 99 (gestión) y tagged VLAN 15 para transportar el SSID de operación.

```
configure terminal
```

```
no ip routing
```

```
hostname SW_HP2530_SECUNDARIO
```

```
# VLAN
```

```
VLAN 13
```

```
name "SERVERS"
```

```
untagged 2-6
```

```
tagged 1,24
```

```
exit
```

```
VLAN 15
```

```
name "WI-FI_OPERACION"
```

```
tagged 1,24,7-20
```

```
exit
```

```
VLAN 99
```

```
name "MGMT"
```

```
untagged 7-20
```

```
tagged 1,24
```

```
exit
```

```
# Descripciones de puertos
```

```
interface 1 name "TRUNK_to_Mikrotik"
```

```
interface 24 name "TRUNK_to_USW"
```

```
# LLDP y Spanning Tree
```

```
lldp enable
```

```
spanning-tree
```

```
spanning-tree priority 4
```

```
# QoS/Storm control
```

```
VLAN 1
```

```
no untagged 1-24
```

```
exit
```

```
write memory
```

ANEXO 4:

Configuración del equipo UniFi USW Pro 24 PoE se realizará el mapeo de perfiles mediante GUI ya que los USW se gestionan por UniFi Network. Se definen los perfiles y se aplicaran por puertos:

- Profile "TRUNK-Core": Tagged VLAN: 13, 15, 99; Native VLAN: 1.
- Se usará en uplink hacia Mikrotik y hacia HP 2530.
- Profile "AP-Port": Native (untagged): VLAN 99; Tagged: VLAN 15; PoE: AF/AT/BT según AP.
- Se usará en cada puerto de AP.
- Profile "Server-Port": Native (untagged): VLAN 13; Tagged: 1; PoE: On.
- Se usará en puertos a servidores que pasan por el USW.
- Profile "Trunk-Downlink": Tagged: 13, 15, 99; Native: 1.
- Se usará en enlaces hacia otros switches.

ANEXO 5:

Configuración de puntos de acceso (UAP-AC-PRO) por SSH

Se realizó la conexión por SSH al AP (contraseña ##### Option 43 del portal UniFi):

```
ssh ubnt@192.168.99.1
```

UAP-AC-PRO:

```
mca-cli
```

```
set-inform http://<192.168.99.1>:8080/inform
```

```
#estado en UniFi pase a "Adopting/Provisioned"
```

En el portal UniFi → Wi-Fi (SSID), asigna el VLAN ID 15, habilita 802.11k/11v/11r, Band Steering a 5 GHz y el Minimum RSSI. En Device → AP → Radios, fija 20 MHz y potencia contenida.